# INRS

# Agir

*là où les* enjeux *de société l'exigent*

RAPPORT D'ACTIVITÉ 1999-2000

*La science en action pour un monde en* ÉVOLUTION

# Table des matières


Mot du Président 01

Eau potable ou polluée ? 02
Comprendre les caprices du climat 03
Les secrets des réservoirs souterrains 05
Les ressources cachées des Appalaches 05

Des porcheries propres et sans odeur 06
Des microbes contre les insectes nuisibles 06

Quand les métaux perturbent l'immunité 07
Éliminer les cancérigènes de l'environnement 08
Quand le système immunitaire se dérègle 09

Chercher du travail à 50 ans 10
Savoirs autochtones 11
Dessine-moi une ville 12

La technologie au secours des malades 13
Des lasers intenses pour la physique fondamentale 14
Des piles à combustible, sources d'énergie pour les moteurs de l'avenir 15
La vie étrange des communautés virtuelles 15
Des images pour la télémédecine 16

Les cellulaires sont-ils dangereux ? 17
Des films 3D pour Imax 17
Le plasma à la mode Plasmonique 18
Gare aux glissements de terrain ! 18
L'avenir est aux jeunes ! 18
Sur la piste du mercure 19
Des balises pour la politique scientifique 19

Un barrage mieux géré sur le Paraná 20
Sauvegarder les plages de Jerba 20
Il faut sauver le lac Abéné 20
Une experte internationale en irradiation 21
Électrification durable en Afrique 21

Porte ouverte sur un avenir prometteur 22
D'initiatives... et de perspectives 22
Des carrières à suivre... 23

24
25
26
27
31
32

101-02796

Comprendre pour agir, oser pour innover ! Telle est l'enseigne où loge l'Institut national de la recherche scientifique depuis trente ans. L'expertise maintes fois reconnue et sollicitée de ses professeurs-chercheurs, de même que leurs performances remarquables font la force de l'Institut et lui ont permis de traverser les temps difficiles et de maintenir le cap sur l'excellence.

À preuve, l'INRS a atteint, entre 1993 et 1997, un financement moyen annuel de 202 931 $, soit le financement le plus élevé au prorata du nombre de professeurs-chercheurs dans les universités québécoises. De plus, les professeurs-chercheurs de l'INRS ont obtenu un financement contractuel huit fois plus élevé que celui de l'ensemble des professeurs-chercheurs québécois et deux fois plus élevé dans le cas des subventions. Au plan de la formation de main-d'œuvre hautement spécialisée, l'INRS est tout aussi performant avec des taux de diplomation de près de 90 % à la maîtrise et de plus de 70 % au doctorat. Le taux de placement de ses diplômés, qui atteint les 95,9 % un an après la fin de leurs études, témoigne de plus de la pertinence de la recherche réalisée à l'Institut et de la qualité de l'encadrement et des programmes offerts aux étudiants de l'INRS.

# Agir là où les enjeux

Les faits saillants de l'année illustrent de manière éloquente le parti pris de l'Institut pour une recherche orientée. La qualité de l'eau, les changements climatiques, les cancérigènes dans l'environnement, les mutations du monde du travail sont dans la mire des chercheurs. Les cellulaires sont-ils dangereux ? Comment prévenir les glissements de terrain ou restaurer les plages ? Autant de questions auxquelles ils tentent de répondre. Ils œuvrent également à mettre au point des biotechnologies environnementales ou médicales, à soutenir les communautés virtuelles, à élargir les applications du multimédia, à esquisser la ville de demain ou à mettre en valeur les savoirs autochtones.

Bien sûr, pour agir là où les enjeux de société l'exigent, il a fallu constamment s'adapter. Encore aujourd'hui, une réflexion entreprise depuis quelques années amène à repenser notre organisation et nos façons de faire. Déjà, des regroupements de centres de recherche et d'équipes de professeurs-chercheurs dans le cadre d'une approche sectorielle ont été amorcés en vue d'optimiser nos activités de recherche et de développer des masses critiques importantes dans les domaines des sciences sociales, des ressources et de l'environnement, des technologies avancées et des sciences biomédicales. L'INRS pourra ainsi répondre aux nouveaux besoins du Québec tout en relevant les défis qui se posent aux universités, tant en recherche qu'en formation. Continuer d'être une figure de proue de la recherche universitaire québécoise exige de la créativité, de la détermination et une capacité à se dépasser, autant d'atouts dont dispose l'INRS.

**Pierre Lapointe**

environnement et ressources

# Eau potable **ou polluée?**

**En mai dernier, la bactérie *E.Coli* présente dans l'eau du robinet de la petite ville de Walkerton, en Ontario, tuait six personnes et en incommodait 2000 autres.**

Un tel accident pourrait-il se produire au Québec ? Il y a lieu de s'inquiéter, car selon une étude publiée en juin dernier dans la *Revue canadienne de microbiologie* par l'équipe de Pierre Payment, professeur à l'INRS-Institut Armand-Frappier – Microbiologie et Biotechnologie, les deux tiers des stations de traitement de l'eau potable installées le long du Saint-Laurent ne purifieraient pas suffisamment l'eau, ce qui constituerait un risque pour les populations de ces régions.

Photo: M.B. MARQ

En collaboration avec des scientifiques de l'École polytechnique de Montréal, le chercheur de l'INRS et ses collègues ont d'abord analysé l'eau brute alimentant 45 stations de traitement de l'eau installées entre Côteau-Landing, au sud-ouest de Montréal, et Lauzon, en aval de Québec, dans le cadre du programme de recherche Saint-Laurent Vision 2000 mis sur pied par Environnement Canada. Leurs données ont révélé un écart important entre les différentes stations, tant pour des bactéries indicatrices de pollution fécale que pour les trois microorganismes pathogènes évalués (les entérovirus humains et deux parasites, *Ghiardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum*). Les chercheurs se sont ensuite penchés sur les équipements de filtration et les méthodes de purification utilisés dans les différentes stations. Dans la plupart des cas, l'eau est puisée directement dans le Saint-Laurent. Elle est rendue potable par un traitement conventionnel au cours duquel l'eau est filtrée à travers du sable avant d'être désinfectée au chlore. Dans plusieurs stations, l'eau filtrée est d'abord traitée par l'ozone, utilisé depuis longtemps comme désinfectant au Québec.

Après avoir compilé plusieurs études internationales sur ces différents systèmes de traitement, Pierre Payment et son équipe ont pu estimer, à l'aide d'un modèle mathématique, les risques que le traitement de l'eau peut faire courir à la population. Même si, de l'avis des chercheurs, cette méthode n'est pas parfaite, elle permet au moins d'établir des comparaisons entre les différentes stations de purification. Pour compléter cette étude, les chercheurs devront effectuer une enquête épidémiologique afin de déterminer si le risque de contamination estimé se traduit réellement par un taux plus élevé d'infections et de maladies dans la population qui s'approvisionne en eau potable à partir de ces stations.

Les problèmes de pollution de l'eau sont particulièrement critiques dans les régions agricoles et c'est souvent là que surviennent les accidents. À Walkerton, par exemple, on pense que la bactérie introduite dans le réseau d'eau venait d'un élevage de bétail. Mais cette pollution est très difficile à contrôler, car elle ne provient généralement pas d'une source unique mais découle d'un phénomène plus diffus, causé notamment par l'érosion des sols et une fertilisation excessive. Au cours des 20 dernières années, le gouvernement du Québec a investi près de 15,3 milliards de dollars pour contrôler des sources ponctuelles de pollution. Même si la qualité de l'eau des rivières s'est améliorée au cours de cette période, dans les zones agricoles,

les concentrations de nitrate et de phosphate dans l'eau ont augmenté. Le contrôle de cette pollution diffuse est d'autant plus délicat qu'elle est souvent épisodique, car reliée à des phénomènes de ruissellement ou d'écoulements de surface ponctuels et au calendrier des pratiques culturales : dans ces conditions, il est très difficile d'identifier les parcelles agricoles les plus polluantes.

Pour résoudre ce problème, l'équipe du professeur Jean-Pierre Villeneuve de l'INRS-Eau a suggéré au gouvernement du Québec d'adopter un système de gestion par bassins versants, basé sur l'utilisation de modèles mathématiques des processus bio-physicochimiques responsables du transport et du devenir des différentes matières polluantes. Cette solution permet de donner la priorité à différentes interventions de contrôle de la pollution diffuse et de mieux contrôler leur efficacité. À l'invitation du Programme d'aide à la recherche et au développement en environnement (PARDE) du ministère de l'Environnement, Jean-Pierre Villeneuve et son équipe se sont donc lancés dans un projet de recherche visant à adapter le logiciel de modélisation GIBSI, mis au point au cours des dernières années, à la problématique particulière des rejets diffus en milieu agricole. GIBSI est un outil informatique qui permet d'explorer divers scénarios de gestion à l'échelle d'un bassin versant. Ce système d'aide à la gestion comprend une base de données spatiales, un système d'information géographique, une base de données relationnelle et des modèles de simulation pour l'hydrologie, l'érosion des sols, le transport et la transformation de l'azote, du phosphore et des pesticides dans les sols, etc.

Photo : M. Chouinard, MAPAQ

Pour adapter cet outil à la problématique de la pollution agricole, les chercheurs de l'INRS, en collaboration avec des spécialistes du Groupe-conseil BPR et de la Direction des politiques du secteur agricole du ministère de l'Environnement, devront d'abord apporter différentes améliorations techniques et informatiques à la version actuelle du logiciel. Puis, en s'appuyant sur le cas de la rivière Chaudière, ils intégreront tous les paramètres nécessaires au bon fonctionnement du système, en prenant notamment en compte les quantités actuelles de chaque polluant, les quantités qu'on estime naturellement présentes dans l'environnement et les quantités maximales souhaitées pour chaque tronçon du bassin versant. Au final, GIBSI permettra aux gestionnaires de l'eau d'identifier un scénario de gestion optimal compte tenu des objectifs de qualité de l'eau attendus, et d'estimer sa faisabilité économique.

# Comprendre les **caprices du climat**

En octobre dernier, des crues exceptionnelles dévastaient plusieurs régions des Alpes, emportant des dizaines de victimes et provoquant de lourds dégâts matériels. De tels accidents se produisent régulièrement en Europe comme dans d'autres régions du monde et pour l'instant, on ne sait guère les prévenir ni les maîtriser. Pour accroître les connaissances sur le phénomène des crues extrêmes, la Commission européenne subventionne un vaste projet de recherche qui fait, entre autres, appel à l'expertise d'une équipe de chercheurs de l'INRS-Eau. Le projet SPHERE (Systematic Paleoflood and Historical data for the improvEment of flood Risk Estimation) réunit des spécialistes en hydrologie, des historiens, des climatologues, des géographes et des statisticiens. Il a pour objectif de quantifier les crues extrêmes s'étant produites au cours du passé, en s'appuyant sur des mesures systématiquement faites dans les 40 à 60 dernières années, mais également sur des archives historiques. À partir de ces données, les chercheurs pourront analyser la fréquence de ces événements, mieux comprendre leurs relations avec les changements climatiques et proposer des stratégies pour favoriser une meilleure compréhension du risque associé aux crues.

Dans le cadre de ce projet, les professeurs Bernard Bobée et Taha Ouarda de la Chaire en hydrologie statistique CRSNG/Hydro-Québec/ALCAN, établie à l'INRS-Eau, proposent de nouvelles approches statistiques pour prendre en compte les données historiques dans l'analyse fréquentielle des crues, de façon à améliorer la fiabilité de l'estimation du risque d'inondation. L'équipe de la Chaire développe une méthodologie qui permettra d'intégrer plusieurs types d'information. Les chercheurs produiront aussi un logiciel complet d'analyse fréquentielle. Ces travaux sont financés pour une durée de trois ans par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), par le biais du programme d'occasions de recherche concertée.

Les scientifiques de l'INRS travaillent aussi sur la problématique plus générale des changements climatiques, susceptibles de provoquer de véritables bouleversements de notre environnement de vie au cours des prochains siècles. En 1999, l'équipe de Taha Ouarda a conduit une étude ayant pour objectif de concevoir un réseau hydrométrique consacré au suivi des modifications climatiques et de leurs impacts sur les ressources en eau au Québec. Les chercheurs ont créé des bases de données adaptées à cet objectif. Ils ont analysé les séries de données des stations de mesure et identifié certaines tendances régionales. Ce réseau a également été utilisé dans le cadre d'une étude nationale visant à concevoir un système équivalent pour le Canada. Les professeurs Taha Ouarda et Bernard Bobée ont également mené d'autres études de développement et d'application de nouveaux outils statistiques pour identifier tous changements éventuels dans des régimes hydrologiques et établir la relation avec les changements climatiques. Ces outils permettent notamment d'analyser les impacts des changements climatiques sur les glaciers canadiens.

Les crues extrêmes s'accompagnent souvent de glissements de terrain dévastateurs. Dans le sud du Québec, par exemple, les glissements de terrain ayant affecté des versants argileux ont pour la plupart été provoqués par des crues ou des pluies violentes. Au Centre géoscientifique de Québec, Didier Perret tente d'évaluer les impacts des changements climatiques anticipés sur la stabilité de ces terrains. Le chercheur et son équipe installeront des capteurs sur différents talus situés dans la région de la ville de La Baie pour suivre leur évolution et préciser l'impact des pluies. Ce projet, initié avec l'appui de la Fédération canadienne des municipalités et le ministère des Ressources naturelles du Canada, devrait s'étendre sur une période de trois ans. On sait déjà qu'une recrudescence de l'érosion le long des cours d'eau ou une augmentation de la fréquence des pluies extrêmes, telles que celles qui ont affecté la région du Saguenay en 1996, auraient de très lourdes conséquences sociales et économiques.

D'autres chercheurs du Centre géoscientifique de Québec s'intéressent aussi aux caprices du climat. Ils tentent notamment de mieux connaître les répercussions passées des fluctuations climatiques sur l'environnement afin de prévoir les changements futurs. L'équipe de Christian Bégin reconstitue ainsi le climat des régions boréales et subarctiques grâce à l'analyse dendrogéochimique et isotopique, une technique qui consiste à analyser les traces chimiques que les perturbations environnementales laissent dans les cernes de croissance des arbres. On peut ainsi recueillir des informations sur les variations du régime hydrique et des températures au cours des derniers siècles. La dendrogéochimie permet également d'évaluer la réponse des écosystèmes à certaines perturbations naturelles contrôlées par les conditions climatiques, comme les feux de forêts. Le chercheur Yves Michaud collabore quant à lui avec des scientifiques de l'Université Laval pour développer et maintenir un réseau complet de stations météorologiques dans le Nord québécois. Ces stations permettent de suivre l'évolution actuelle du climat dans les régions qui reposent sur le pergélisol et qui sont susceptibles d'être grandement affectées par un éventuel réchauffement climatique.

On peut aussi repérer l'impact des évolutions passées du climat en analysant des échantillons de sédiments prélevés au fond des océans. Dans le cadre du programme international IMAGE, des chercheurs de plusieurs pays étudient les relations entre ces dépôts marins et les fluctuations des 10 000 dernières années. Une centaine de carottes de sédiments ont ainsi été prélevées tout au long des côtes s'étalant de la Terre de Baffin aux Caraïbes pour l'ouest de l'Atlantique Nord et des Îles Spitzberg à l'Espagne pour le côté est. Quatre d'entre elles proviennent des eaux du Québec, deux de l'estuaire du Saint-Laurent, deux du Saguenay. Sous la responsabilité du professeur Bernard Long de l'INRS-Géoressources, ces carottes ont été analysées par scanographie, puis échantillonnées pour des analyses sédimentologiques, géochimiques, micropaléontologiques et isotopiques, en collaboration avec les universités McGill, Laval et l'Université du Québec à Montréal. Lors d'une première analyse, le chercheur de l'INRS et ses collègues ont pu mettre en relation des variations dans la composition des carottes de sédiments en fonction d'événements extrêmes tels que des glissements de terrain.

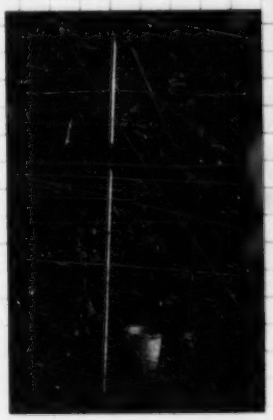
L'étude des changements climatiques et de leurs impacts constitue sans doute un des plus grands enjeux scientifiques des décennies à venir. Pour mieux organiser la recherche, le Centre géoscientifique de Québec s'est aussi joint cette année à Environnement Canada et au ministère de la Sécurité publique pour organiser un atelier sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques au Québec, avec l'appui du Fonds d'action sur les changements climatiques. Cette initiative visait, entre autres, à cibler les domaines d'intervention prioritaires pour le Québec et à établir les fondations d'un réseau scientifique québécois sur ce sujet crucial.

# Les secrets des **réservoirs souterrains**

Les formations géologiques du sous-sol recèlent parfois des réservoirs, volumes de matériel rocheux ou granulaire suffisamment poreux et perméables pour contenir de grandes quantités d'eau ou de matériaux d'intérêt économique tels que le pétrole ou le gaz naturel. Mais comment repérer ces trésors cachés ? Des chercheurs du Centre géoscientifique de Québec (CGQ) développent, en collaboration avec le ministère de l'Environnement du Québec et des partenaires municipaux, une méthodologie pour cartographier les réservoirs d'eau souterraine, aussi appelés aquifères. Les chercheurs Martine Savard, Yves Michaud, René Lefebvre, Richard Martel et Miroslav Nastev, impliqués dans ce sujet, étudient notamment des aquifères situés dans la région de Portneuf et dans le sud-ouest du Québec.

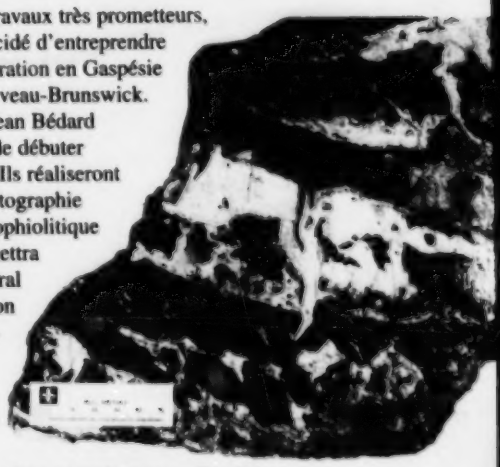
Une autre équipe, formée des chercheurs Yvon Héroux, Michel Malo et Denis Lavoie, travaille quant à elle sur la problématique des réservoirs géologiques potentiels d'hydrocarbures. Les chercheurs élaborent un modèle d'évolution des réservoirs à l'échelle de l'Est canadien. En plus d'appuyer les travaux d'exploration des sociétés pétrolières, les chercheurs répondent ainsi à un objectif du gouvernement du Québec qui, dans sa politique énergétique de 1996, souhaitait « qu'un effort particulier soit effectué afin d'exploiter les possibilités de stockage dans le sous-sol québécois ». L'utilisation de réservoirs souterrains pourrait notamment aider à mieux gérer le réseau de distribution du gaz naturel au Québec. Dans le cadre de différents projets, les chercheurs collaborent avec les compagnies Shell Canada, Encal Energy et Intragaz.

Daniel Lebel, un autre chercheur du CGQ, aborde la problématique des réservoirs par le biais de techniques de géomatique et d'imagerie qui, combinées à des relevés de terrain, permettent de mettre en lumière les relations entre les fractures, les plis et les formations géologiques dans un secteur des Rocheuses à fort potentiel pour l'exploration pétrolière. Ce projet, financé par le Centre d'excellence en géomatique pour des interventions et des décisions éclairées (GEOIDE) et trois grandes compagnies pétrolières, est réalisé en étroite collaboration avec trois autres universités canadiennes.



# Les ressources cachées **des Appalaches**

Depuis une dizaine d'années, des chercheurs du Centre géoscientifique de Québec étudient les Appalaches pour tenter d'y déceler de nouvelles ressources minières encore non exploitées. Les scientifiques développent ainsi de nouveaux modèles et des concepts qui aident l'industrie à tirer le meilleur parti de ces ressources. Les travaux menés par les chercheurs du CGQ ont pour but d'établir le contexte structural des minéralisations, leur distribution spatio-temporelle, leur source ainsi que l'évolution des conditions physicochimiques qui prévalaient lors de leur mise en place. Récemment, des recherches conduites par Michel Malo et Benoit Dubé, en collaboration avec l'Université de Genève, ont permis de proposer un nouveau modèle d'exploration pour les gîtes d'or dans des encaissants calcareux du sud de la péninsule gaspésienne. Dans le cadre de ce projet, les chercheurs ont découvert que le contexte géologique régional des indices d'or et de cuivre associés avec la faille du Grand Pabos et des intrusions granitiques en profondeur s'apparentent aux propriétés des gîtes d'or en exploitation au Nevada. Suite à ces travaux très prometteurs, plusieurs compagnies ont décidé d'entreprendre de nouveaux travaux d'exploration en Gaspésie et dans le nord-ouest du Nouveau-Brunswick. Par ailleurs, les chercheurs Jean Bédard et Alain Tremblay viennent de débuter un nouveau projet en Estrie. Ils réaliseront entre autres une nouvelle cartographie de l'ensemble du complexe ophiolitique de Thetford Mines, qui permettra de définir le contexte structural et pétrologique de cette région et de documenter les processus responsables de la genèse des gîtes de chromite et d'éléments du groupe du platine.



Veine minéralisée en or, Gaspésie.

biotechnologies

# Des porcheries propres et sans odeur?

Comment se débarrasser du lisier qui fait des 3 000 porcheries du Québec les plus détestés des élevages? Le plus simple consisterait à traiter ce déchet aussi polluant qu'odorant pour qu'il puisse ensuite simplement être rejeté dans les cours d'eau. Vers la fin des années 80, une équipe de chercheurs de l'INRS-Institut Armand-Frappier – Microbiologie et Biotechnologie, constitué entre autres de Réjean Beaudet et de Jean-Guy Bisaillon, montrait qu'un traitement microbiologique à une température élevée (entre 50 et 65 °C) permettait de dégrader rapidement la matière organique et de réduire la teneur en azote ammoniacal, conduisant ainsi à un lisier stabilisé et sans odeur. Le procédé est autochauffant, la chaleur est entièrement fournie par les réactions biochimiques se produisant au cours du traitement. Un excédent pourrait même être récupéré pour chauffer le bâtiment d'élevage! Ce traitement dit « thermophile » génère peu de boues et permet d'éliminer les microorganismes pathogènes, produisant un effluent que l'on peut considérer comme pasteurisé. Le procédé est aussi très rapide, ce qui réduit l'espace nécessaire pour son implantation de même que les coûts d'infrastructure. Restait, à partir de ces études de laboratoire, à concevoir un réacteur suffisamment simple et économique pour pouvoir être implanté dans une ferme.

Pour cela, Réjean Beaudet et Pierre Juteau se sont inspirés du concept de réacteur biologique séquentiel (RBS), dans lequel les différentes étapes du procédé se déroulent dans un même bassin. Seule la partie liquide du lisier est traitée, la phase solide pouvant être facilement compostée. À côté du bioréacteur, un biofiltre élimine les composés azotés et les résidus malodorants. Seuls les composés phosphorés posent encore problème. Pour les éliminer, les chercheurs étudient plusieurs options, comme la déphosphoration biologique ou l'ajout d'un agent précipitant, et se penchent aussi sur les microorganismes impliqués dans le traitement. Le lisier obtenu pourrait être épandu ou rejeté dans un cours d'eau après un traitement complet. Pour ces travaux, l'INRS est associé à l'Institut de recherche et de développement en agro-environnement (IRDA).

Photo: Marc Lajoie, MAPAQ

Photo: Marc Lajoie, MAPAQ

# Des microbes contre les insectes nuisibles

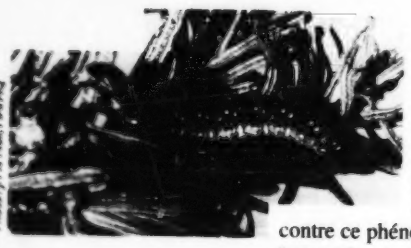


Photo: J. Mc Neil, MAPAQ

Dans les forêts exploitées, d'importantes pertes de bois sont régulièrement causées par des populations d'insectes ravageurs. Pour lutter contre ce phénomène, on doit encore développer des stratégies de lutte à la fois efficaces, rentables et sécuritaires pour l'environnement. Depuis plusieurs années, le professeur Claude Guertin de l'INRS-Institut Armand-Frappier – Microbiologie et Biotechnologie s'intéresse aux insectes qui s'attaquent aux forêts de conifères. Il a notamment étudié la tordeuse des bourgeons de l'épinette, l'arpenteuse de la pruche et la pyrale des cônes du sapin ainsi que les forêts de feuillus avec la livrée des forêts. Le professeur cherche à développer des stratégies de lutte biologique contre ces insectes faisant appel à des microbes dits « entomopathogènes ». On sait que dans plusieurs cas, les microorganismes peuvent jouer un rôle important dans la régulation des populations d'insectes, particulièrement lors d'épidémies.

Les entomopathogènes causent des maladies qui peuvent tuer les insectes, réduire leur potentiel de reproduction ou ralentir leur développement. Contrairement aux insecticides chimiques, les microorganismes sont très spécifiques: chaque espèce de microorganisme ne s'attaque qu'à un seul groupe d'insectes et ne perturbe pas ses parasites ou ses prédateurs naturels. Le chercheur de l'INRS élabore des stratégies devant conduire à l'utilisation des entomopathogènes à grande échelle contre les insectes nuisibles. Il tente aussi de mettre en évidence les interrelations pouvant exister entre certains agents viraux (notamment les granulovirus et les polyédrovirus) et bactériens (*Bacillus thuringiensis*), les insectes et les plantes hôtes qu'ils infectent. D'ici peu, Claude Guertin et ses collègues, reconnus comme des pionniers dans ce domaine au Canada, s'associeront à l'entreprise AFA Environnement Inc., spécialisée dans le développement et la commercialisation d'insecticides biologiques, pour mettre sur pied la première chaire de lutte biologique microbienne contre les insectes nuisibles au Canada.

# Quand les métaux perturbent l'immunité

Les métaux lourds sont aussi toxiques que répandus dans notre environnement. Grâce à de nombreuses études réalisées avec des animaux de laboratoire, ainsi qu'à des enquêtes épidémiologiques ayant porté sur des personnes exposées à ces substances sur leur lieu de travail, on sait que les métaux peuvent affecter le corps humain de plusieurs manières. Ils peuvent notamment perturber différents mécanismes de modulation de l'immunité et engendrer ainsi une sensibilité accrue aux microorganismes ou provoquer l'apparition de maladies auto-immunitaires. Le système immunitaire peut ainsi être affecté directement par les substances toxiques présentes dans l'environnement ou indirectement, en réponse à l'altération d'un second système physiologique. Jusqu'à présent, très peu d'études se sont penchées sur l'observation directe, dans les cellules du système immunitaire, des réactions causées par des doses de métaux lourds équivalentes à celles que l'on retrouve habituellement dans l'environnement.

Dans le cadre de l'Initiative de recherche sur les substances toxiques (IRST), un programme cofinancé par les ministères fédéraux de la santé et de l'environnement, le professeur Michel Fournier, de l'INRS-Institut Armand-Frappier – Santé humaine ainsi que deux de ses collègues, les professeurs Jacques Bernier et Édouard Kouassi, se sont lancés dans un ambitieux projet de recherche visant à caractériser *in vitro* l'action de métaux lourds sur les cellules immunitaires. Ils ont déjà reçu plus de 100 000 dollars de subventions pour les deux premières années du projet. Les chercheurs s'intéressent en priorité à trois métaux reconnus comme particulièrement toxiques : le mercure, qui s'accumule dans la chaîne alimentaire sous forme de méthylmercure et que l'on retrouve essentiellement dans la chair des poissons, le cadmium, présent dans divers aliments et dans la fumée de cigarette, et le plomb, qui contamine l'eau potable ainsi que l'air et le sol des villes et sites industriels. Ces trois métaux, pris isolément ou mélangés en diverses proportions, sont jugés prioritaires par l'IRST, puisqu'on sait déjà qu'ils causent de graves problèmes de santé à de nombreuses personnes. Le mercure, par exemple, engendre des problèmes neurologiques chez les personnes consommant de grandes quantités de poissons contaminés. On a montré, chez des souris, que des hauts taux de cadmium engendrent une plus faible résistance aux infections par des bactéries. Et dans certaines régions très industrielles, comme en Pologne, le taux de plomb mesuré dans le sang des enfants est déjà largement supérieur au taux considéré comme dangereux.

Au cours des années passées, Michel Fournier, nommé chercheur principal pour ce projet, a déjà réalisé de nombreuses études sur le potentiel immunotoxique de mélanges de métaux. Il étudie cette fois l'action *in vitro* de ces trois métaux sur des cellules humaines sanguines, les leucocytes, prélevés auprès d'adultes volontaires et en bonne santé. Le chercheur testera trois concentrations différentes pour chacun des métaux. À partir de ces expériences, Michel Fournier et son équipe évalueront l'effet des métaux sur plusieurs paramètres reliés aux mécanismes immunitaires, ainsi que d'éventuels changements dans l'expression et la fonction des récepteurs cellulaires correspondant à différents neurotransmetteurs. Au cours de l'étude, les trois chercheurs se partageront le suivi de neuf paramètres, tels que la prolifération des lymphocytes dans les cultures exposées aux métaux, les quantités d'anticorps sécrétés par les cellules ou l'activité des cellules neutrophiles, qui jouent un rôle clé dans les mécanismes d'inflammation aiguë. Ces études permettront, d'une part, d'établir les risques d'exposition et, d'autre part, de comprendre comment les métaux interfèrent avec le fonctionnement cellulaire. Le projet correspond à un des objectifs principaux de l'Initiative de recherche sur les substances toxiques qui vise, entre autres, à établir l'impact toxicologique des formes bioassimilables de métaux dans l'environnement.

# Éliminer les cancérigènes de l'environnement

**L'amiante, les BPC, certains produits chimiques comme le benzène, la fumée de cigarettes... tous ces produits ont en commun d'avoir suscité un incroyable engouement médiatique dès qu'on a commencé, dans les années 60 ou 70, à les soupçonner de causer des cancers.**

Le Centre international de recherche sur le cancer a déjà recensé plus de 60 agents reconnus cancérigènes présents dans l'environnement général ou sur les lieux de travail, et 200 autres sont fortement soupçonnés. Dans cette liste noire, on retrouve des produits chimiques comme le plomb, les émissions de diesel et le formaldéhyde, ainsi que des agents physiques tels que le rayonnement UV-B et les champs électromagnétiques. Même si l'on dispose déjà d'informations sur certains de ces agents, de nombreuses études sont encore nécessaires pour identifier et caractériser précisément les causes environnementales des différentes formes de cancer.

Au cours des dernières années, l'Institut national du cancer du Canada (INCC), un organisme financé par la Société canadienne du cancer et par la Fondation Terry Fox, a souhaité encourager le développement de la recherche portant sur les causes environnementales de cancer au Canada. En effet, on sait aujourd'hui que de nombreux cas de cancers pourraient être évités si l'on arrivait à identifier précisément les agents cancérigènes et à diminuer ou éliminer l'exposition humaine à ces agents. L'INCC a donc mis sur pied un vaste programme dont il a confié la coordination au professeur Jack Siemiatycki, chercheur à l'INRS-Institut Armand-Frappier – Santé humaine et spécialiste reconnu de la recherche sur les causes environnementales du cancer depuis plus de vingt ans. Doté d'un budget d'un million de dollars sur cinq ans, le programme baptisé PREECAN (Programme for research in environmental etiology of cancer) allouera des fonds à la formation de jeunes chercheurs dans ce domaine et à l'organisation de rencontres entre les scientifiques.

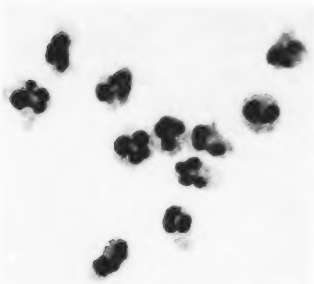
Au cours de sa carrière récompensée en 1999 par le prix de Scientifique émérite du Conseil de recherches médicales du Canada, Jack Siemiatycki a déjà dirigé des projets de recherche pour plus de 6 000 000 millions de dollars. Auteur de plus de 100 publications scientifiques et de 200 conférences sur les causes environnementales du cancer, il était l'expert tout indiqué pour coordonner ce vaste réseau composé de 22 chercheurs seniors, dont Michel Charbonneau et Mark Goldberg, tous deux également professeurs à l'INRS-Institut Armand-Frappier – Santé humaine.

L'équipe de Jack Siematycki continuera un important projet de recherche, basé sur une approche innovatrice, visant à décrire les associations entre un grand nombre d'expositions professionnelles et divers types de cancer, afin de déterminer si certaines de ces expositions sont cancérigènes. Cette approche vaut au chercheur la réputation de chef de file dans le développement d'outils méthodologiques pour la conduite d'enquêtes en épidémiologie environnementale. Il étudiera entre autres, en collaboration avec Marie-Élise Parent, professeure à l'INRS-Institut Armand-Frappier – Santé humaine, les risques de cancer du poumon et de mésothéliome associés à l'exposition à l'amiante chez les Québécoises, ainsi que les risques de cancer du poumon dus à l'exposition aux émissions de diesel sur le lieu de travail. Le professeur Mark Goldberg, quant à lui, s'intéressera particulièrement aux cancers du sein survenant après la ménopause chez des travailleuses de divers secteurs d'activité, alors que le professeur Michel Charbonneau examinera le rôle des contaminants organochlorés dans le développement des cancers du sein.

# Quand le système immunitaire se dérègle

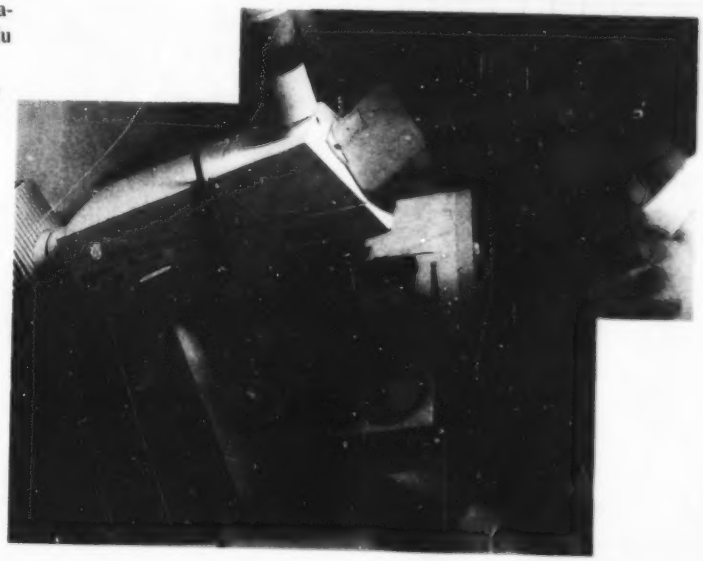
Une bactérie, un virus, ou n'importe quel autre agent pathogène s'attaque à l'organisme. Immédiatement, le système immunitaire réagit et combat l'infection. Une réaction inflammatoire se produit et, normalement, elle cesse une fois l'infection vaincue. Plusieurs cellules du système immunitaire sont impliquées dans cette réponse inflammatoire. Parmi celles-ci, les neutrophiles exercent un rôle de premier plan, puisqu'elles sont les premières à migrer jusqu'à la partie du corps enflammée.

**Curieusement, ces cellules ont longtemps été négligées par les scientifiques. Pourtant, un seul millilitre de sang peut contenir plus de deux millions de neutrophiles!**



Un dérèglement du mécanisme d'inflammation peut parfois engendrer de graves maladies, telles que l'arthrite rhumatoïde, pour laquelle on ne dispose aujourd'hui d'aucun traitement curatif. Pour mieux comprendre ces maladies inflammatoires, bien des études sur les neutrophiles sont encore nécessaires. À l'INRS-Institut Armand-Frappier – Santé humaine, un programme de recherche visant à élucider les mécanismes d'activation des neutrophiles a récemment été mis sur pied. L'équipe du professeur Denis Girard a déjà démontré que les neutrophiles humains possèdent un récepteur spécifique pour l'interleukine-15, une molécule qui agit comme une sorte d'hormone du système immunitaire. Les neutrophiles sont fortement activés par cette molécule, que les travaux des chercheurs de l'INRS ont permis de classer comme pro-inflammatoire. Le professeur et son équipe étudient aujourd'hui le mode d'action de l'interleukine-15, pour tenter d'en retirer des informations susceptibles de mener au développement de nouvelles stratégies de lutte contre les réactions inflammatoires anormales qui se produisent dans diverses maladies. Si les chercheurs parviennent à comprendre comment cette molécule active les neutrophiles, on pourrait alors envisager de créer des substances capables d'inhiber l'action de l'interleukine-15 et donc d'empêcher son effet pro-inflammatoire. Parallèlement, Denis Girard et ses collègues étudient les effets de différents produits contaminant l'environnement sur les neutrophiles humains et vérifient s'ils provoquent une réponse inflammatoire *in vivo* sur des modèles animaux. Ces travaux ont pour objectif de montrer et d'expliquer comment certains polluants peuvent posséder des propriétés pro-inflammatoires et être impliqués dans des maladies dites environnementales.

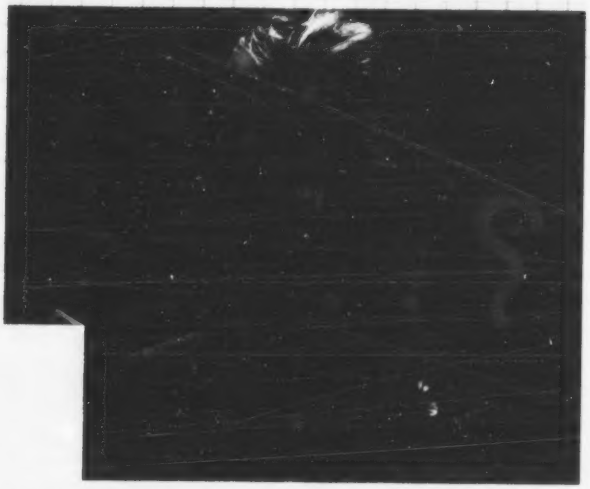
Le professeur Pierre Talbot, pour sa part, s'intéresse à la sclérose en plaques, manifestation d'un autre type de dérèglement du système immunitaire. Au Québec seulement, 12 000 personnes souffrent de cette maladie causée par une dégénérescence de la myéline, la gaine qui entoure les fibres du système nerveux central, suite à une attaque inexpliquée des cellules immunitaires. Même si on ignore encore ce qui cause la sclérose en plaques, on soupçonne des microorganismes de déclencher la maladie chez des personnes possédant certains gènes de susceptibilité. Depuis une trentaine d'années, divers virus ont été mis sur la sellette, tels que l'herpès ou le virus Epstein-Barr. Mais aucun lien direct entre ces microorganismes et la maladie n'a pu encore être clairement démontré. À l'INRS - Institut Armand-Frappier – Santé humaine, l'équipe de Pierre Talbot soupçonne le coronavirus, qui cause normalement de simples rhumes. Récemment, le chercheur a prouvé que les globules blancs de patients atteints de sclérose en plaques reconnaissent à la fois le coronavirus et une protéine de la myéline. De plus, une protéine associée au coronavirus possède une séquence d'acides aminés identique à une certaine séquence de la molécule de myéline. Quand le coronavirus infecte l'organisme d'une personne atteinte d'un défaut génétique particulier, ses globules blancs pourraient confondre la myéline avec la protéine virale : au lieu de défendre l'organisme contre l'infection, ils provoqueraient alors une poussée de sclérose. En étudiant des échantillons provenant de banques de cerveaux, Pierre Talbot a aussi montré que le coronavirus pénètre jusque dans le cerveau. Il soupçonne que, lors d'un rhume, le coronavirus pourrait entraîner les lymphocytes jusqu'au cerveau, où ils pourraient dégrader la myéline chez des personnes génétiquement susceptibles.



ville et société

# Chercher du travail à 50 ans

Depuis 25 ans, un nombre croissant d'hommes et de femmes sont forcés d'arrêter de travailler bien avant l'âge de la retraite, parfois dès l'âge de 45 ou 50 ans. Au Canada, ces travailleurs vieillissants sont souvent écartés du marché de l'emploi par des licenciements ou des programmes de retraite anticipée dictés par les lois du marché. Plusieurs mesures ont été mises au point pour maintenir en emploi ou réinsérer cette main-d'œuvre âgée, mais bien peu sont appliquées. Dans ces conditions, que deviennent ces hommes et ces femmes et comment tentent-ils de se repositionner ? C'est ce qu'a voulu déterminer une équipe de chercheurs de l'INRS-Culture et Société pilotée par le professeur Frédéric Lesemann, dans le cadre d'un projet de trois ans financé par le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada et mené en collaboration avec des chercheurs des universités Laval, McGill et Simon Fraser.



L'équipe de Frédéric Lesemann s'intéresse depuis 1994 à la problématique des travailleurs âgés, une question centrale dans notre société, qui reflète des changements majeurs liés au vieillissement démographique et à la transformation du travail salarié. Jusqu'à présent, les chercheurs de l'INRS avaient surtout mis l'accent sur les conséquences du chômage de longue durée et sur l'analyse des processus conduisant à l'exclusion de ces travailleurs. Ils s'étaient également intéressés aux catégories de personnes les plus vulnérables, en essayant de reconstituer leur trajectoire à partir de leur secteur d'activité économique d'origine. Le but du présent projet est tout autre. Il s'agit cette fois de comprendre comment des personnes de plus de 45 ans, mises à l'écart, se repositionnent pour occuper par la suite différentes activités, lucratives ou non, mais dont l'utilité sociale donne un sens à leur vie. En analysant diverses enquêtes menées par Statistique Canada au cours des dix dernières années, les chercheurs ont tout d'abord dressé un tableau macroéconomique de l'évolution récente du travail salarié et des stratégies globales de repositionnement des salariés de plus de 45 ans qui ont perdu leur emploi. Les chercheurs ont ensuite identifié diverses stratégies de repositionnement possibles, allant du réemploi comme salarié au bénévolat ou à la prestation de soins familiaux, en passant par l'entreprenariat, le travail à la pige et le retour aux études. Par la suite, les chercheurs interrogeront près de 180 travailleurs vieillissants (cols bleus, cols blancs exécutants, cadres et professionnels), des personnes de toutes provenances sociales, qui ont en commun d'avoir connu un emploi stable et salarié ayant contribué à structurer leurs représentations du temps, leurs rapports aux institutions et à la famille. Les personnes interrogées seront réparties en groupes représentatifs des tendances observées à partir des enquêtes statistiques. Pour les chercheurs, elles constitueront des témoins privilégiés des transformations de la société, ayant évolué pendant de longues années dans une forme de travail salarié, souvent syndiqué, qui a de moins en moins cours de nos jours.

En adoptant différentes stratégies de repositionnement, ces anciens travailleurs salariés manifestent leur « réflexivité », un concept qui désigne la capacité des individus à se mettre à distance des rôles attendus pour se réapproprier leur autonomie et maîtriser leur destin. Au final, l'équipe de chercheurs utilisera cette étude des stratégies de positionnement pour mieux comprendre l'étrange phénomène par lequel des travailleurs doivent se remettre en question à un âge où, il n'y a pas si longtemps, bien peu de personnes se trouvaient confrontées à de tels changements.

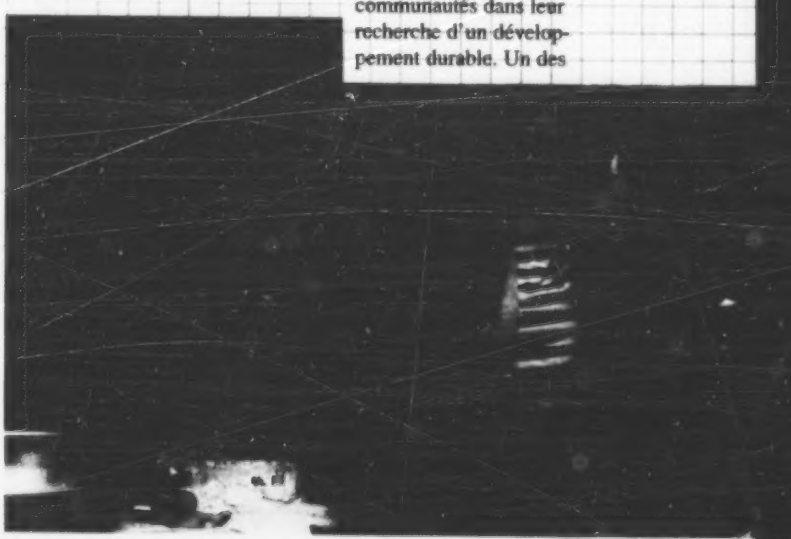
# Savoirs autochtones

En dépit des efforts déployés depuis de nombreuses années par les gouvernements, les administrations autochtones et les organismes favorisant le développement durable, les institutions de gestion conjointes entre autochtones et non autochtones éprouvent des difficultés de fonctionnement qui les empêchent d'atteindre leurs objectifs.

Pour la professeure Carole Lévesque, qui coordonne le domaine d'études Peuples autochtones à l'INRS-Culture et Société, ce problème récurrent ne peut être compris et résolu que par un renouvellement des connaissances relatives aux savoirs autochtones et à l'étude des conditions de leur insertion dans les processus de prise de décision. Dans le cadre du programme Alliances de recherche universités-communautés (ARUC), la professeure et son équipe ont reçu cette année une subvention de 600 000 dollars sur trois ans du Conseil de recherches en sciences humaines du Canada, pour organiser un partenariat de recherche et d'action intitulé *Les savoirs autochtones et le développement durable : une nouvelle approche pour la prise de décision.* Ce partenariat implique, outre l'INRS-Culture et Société, des représentants du Musée canadien des civilisations, des universités Laval et Carleton, de l'Administration régionale crie et des Premières Nations de Waswanipi, Whapmagoostui et Waskaganish.

Au cours des 25 dernières années, la plupart de ces partenaires ont déjà réalisé ensemble de multiples projets de recherche. Dans le cadre de l'ARUC, ils exploreront une voie de réflexion originale : à l'instar des savoirs scientifiques, les savoirs autochtones composent un système de connaissances autonome, possédant sa dynamique propre. Il ne s'agit donc pas d'intégrer les savoirs autochtones aux savoirs scientifiques, comme on avait tenté de le faire jusqu'à présent, mais au contraire d'adopter une approche d'apprentissage mutuel en considérant de manière indépendante chacun des deux systèmes de connaissances. Dans un premier temps, Carole Lévesque et ses partenaires tenteront donc de caractériser le système de connaissances des autochtones, non seulement du point de vue des informations qu'il recèle mais aussi des modalités de production, de circulation et de transmission de ces informations. À partir de cette analyse, les membres de l'ARUC élaboreront de nouveaux outils de communication entre société autochtone et société canadienne et québécoise et réfléchiront à des mécanismes de prise de décision et à des modes de gestion des ressources prenant en compte les valeurs de chacun.

Le partenariat vise cinq objectifs principaux. Tout d'abord, une recherche multidisciplinaire et transculturelle conduira à la constitution de bases de données systématiques sur les savoirs autochtones. Puis les membres de l'ARUC devront faire en sorte de revaloriser ces savoirs au sein des communautés. Dans le passé, en effet, ils se transmettaient de génération en génération, mais cette pratique tend à disparaître et aujourd'hui, on peut craindre la perte de ces connaissances si rien n'est fait pour que les communautés se les réapproprient et réinventent les mécanismes de leur transmission. Les chercheurs devront aussi poser un diagnostic sur les institutions de cogestion issues des traités modernes, dont la plupart ont pris pour modèle les institutions issues de la Convention de la Baie James et du Nord québécois, dont on a célébré en l'an 2000 le 25e anniversaire. Au plan théorique, ces dernières ont amené des innovations majeures, mais leur mise en œuvre demeure problématique et engendre de nombreuses insatisfactions. Enfin, les membres de l'ARUC vise à accroître la participation des autochtones dans les processus de décision et à soutenir les efforts des communautés dans leur recherche d'un développement durable. Un des premiers projets de l'ARUC consiste à poursuivre la caractérisation socioécologique des territoires de chasse qui a débuté en 1998, avec une étude conjointe de l'équipe de Carole Lévesque et de la Première Nation crie de Waskaganish, dans le but de recenser les connaissances détenues par les maîtres de chasse cris. Dans le cadre de l'ARUC, deux autres communautés cries, Waswanipi et Whapmagoostui se joindront au projet.



# Dessine-moi une ville...

Jusqu'à tout récemment, la lutte contre l'étalement urbain et la promotion d'un urbanisme obéissant aux objectifs du développement durable demeuraient le credo d'écologistes utopiques.

Aujourd'hui, même de très sérieuses institutions comme la Bank of America prennent conscience de l'importance de consolider les noyaux urbanisés afin de réduire la pollution et les embouteillages qui, à terme, contribuent grandement à l'augmentation de l'effet de serre. Plusieurs urbanistes défendent les concepts de métropole polycentrique ou de villes à haute densité résidentielle, où les citoyens habitent à proximité de leur lieu de travail et bénéficient aisément des services publics. Mais les Canadiens adhèrent peu à ce modèle de ville compacte, aux dires des professionnels d'Environnement Canada ou de la Société canadienne d'hypothèque et de logement, et continuent d'opter majoritairement pour des pavillons situés dans des banlieues de plus en plus éloignées.

À l'invitation du Conseil régional de développement de l'île de Montréal (CRDIM), une équipe de recherche de l'INRS-Urbanisation, pilotée par Gilles Sénécal, tente de comprendre vers quel modèle de développement se dirige actuellement la région métropolitaine de Montréal, en dressant son portrait environnemental. En analysant des documents et des informations portant sur des thèmes comme la qualité de l'air, les sols et terrains contaminés, la protection et la mise en valeur des milieux naturels et des paysages, les chercheurs esquisseront un tableau de l'évolution récente de l'Île. À terme, ils comptent ainsi en apprendre davantage sur les impacts précis de l'étalement urbain afin de proposer des mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

L'équipe de recherche suggère d'évaluer différents moyens de pratiquer une urbanisation intelligente. L'accent pourrait être mis sur la consolidation des espaces résidentiels à proximité des pôles d'emploi, une plus grande utilisation des transports en commun, le paiement par les utilisateurs des véritables coûts des projets de construction d'infrastructure, ou le verdissement et la conservation des milieux naturels.

Si Gilles Sénécal et son équipe réfléchissent à l'aspect physique de la ville de demain, d'autres chercheurs de l'INRS-Urbanisation s'intéressent pour leur part à sa composition culturelle. Annick Germain et Francine Dansereau s'interrogent ainsi sur l'adaptation des services municipaux aux besoins d'une population de plus en plus hétérogène sur le plan culturel et religieux. Certaines villes de la région montréalaise ont en effet connu des vagues d'immigration importantes et diversifiées depuis les années cinquante. Par exemple, près de la moitié des citoyens de Ville Saint-Laurent se définissent comme

immigrés et 23 % des immigrants de LaSalle et de Montréal Nord, ce pourcentage atteignant 27 % dans la Ville de Montréal.

Au fil des ans, la manière dont les municipalités tentent d'intégrer les nouveaux arrivants oscille entre deux pôles : d'un côté, l'affirmation des identités culturelles au nom d'une intégration communautaire ; de l'autre, la négation des particularismes culturels pour mieux favoriser l'intégration individuelle. Pour analyser les pratiques municipales de gestion de la diversité culturelle, les chercheures ont retenu deux types de services municipaux, la programmation et l'encadrement des activités de sports et de loisirs, ainsi que les pratiques d'urbanisme concernant l'aménagement des lieux de culte.

Elles constatent d'ores et déjà que les responsables d'espaces sportifs s'interrogent sur les moyens les plus appropriés pour accommoder les différences sans nuire à l'accessibilité des équipements. Faut-il, par exemple, autoriser des heures de baignade séparées pour les hommes et les femmes, encourager la formation d'équipes sportives sur une base nationale ou encore interculturelle ? L'aménagement de lieux de culte, qu'il s'agisse d'une synagogue ultraorthodoxe, d'une mosquée ou d'un temple sikh, fait également l'objet de fréquentes controverses au sein des municipalités. Ces lieux peuvent facilement être perçus comme une façon pour des communautés culturelles de se retrancher de la vie de la cité et de protéger l'identité de leur communauté aux dépens de leur intégration. Quels compromis engendrent leur implantation ou leur agrandissement dans un quartier ? Quelles dynamiques sociales se construisent autour du partage de l'espace urbain ? Ces questions font l'objet d'un programme de recherche dirigé par Francine Dansereau, Annick Germain et Johanne Charbonneau.

technologies avancées

# La technologie au secours des malades

**Le développement de nouvelles technologies permet d'entrevoir des progrès majeurs en médecine.**

Cette année, deux équipes de chercheurs de l'INRS-Énergie et Matériaux se sont impliquées dans des projets de recherche d'envergure, en collaboration avec des partenaires spécialisés en technologies biomédicales, pour trouver des solutions à deux causes majeures de maladies et de handicaps.

Chaque année au Canada, près d'un millier de personnes sont victimes de blessures à la moelle épinière, souvent provoquées par des accidents de la route. À la suite de ces accidents, un grand nombre d'entre elles deviennent paralysées, car la circulation de l'influx nerveux dans leur colonne vertébrale est interrompue. D'autres, moins gravement touchées, ressentent des pertes partielles de sensibilité ou de motricité. Pour remédier à de tels traumatismes, on fait de nos jours régulièrement appel à des greffes de nerfs d'une partie du corps à une autre. Mais ces greffes, délicates à réaliser et douloureuses, ne sont pas toujours efficaces. De plus, elles entraînent une perte permanente de sensibilité dans la partie du corps où elles ont été prélevées.

En collaboration avec des chercheurs de l'Institut des biomatériaux du Québec, une équipe de l'INRS-Énergie et Matériaux, pilotée par le professeur Lê H. Dao, étudie une nouvelle manière de traiter les blessures médullaires, en s'appuyant sur les propriétés conductrices de polymères biodégradables. L'idée consiste à utiliser, à la place de nerfs greffés, un petit tube fait d'un matériau conducteur qu'on place au niveau de la blessure, entre les deux parties du nerf brisé. En appliquant une stimulation électrique extérieure, on favorise la régénération et la croissance des cellules nerveuses à travers le tube conducteur, jusqu'à ce qu'elles parviennent à se reconnecter. Le matériau constituant le tube est biodégradable et disparaît donc au bout d'un certain temps lorsque la connexion est rétablie. Cette technique nécessite toutefois qu'on sache parfaitement ajuster la vitesse de dégradation de l'implant biologique à celle de la régénération des tissus. Ce projet met à profit l'expertise développée depuis plusieurs années par l'équipe du professeur Dao dans le domaine des polymères actifs et conducteurs et des biomatériaux biodégradables. Il est financé par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), dans le cadre d'une action concertée en santé, et permettra aussi d'accroître les connaissances fondamentales sur l'effet du champ électrique sur les cellules. Grâce à ce petit morceau de plastique développé à l'INRS, on peut ainsi espérer que d'ici quelques années, les personnes souffrant de blessures médullaires verront leur qualité de vie considérablement améliorée.

D'autres chercheurs de l'INRS-Énergie et Matériaux développent de nouvelles technologies pour la cardiologie. En Amérique du Nord, chaque année, un million de personnes subissent une angioplastie coronarienne, une opération qui consiste à introduire un petit ballon gonflable dans l'artère fémorale et à le faire remonter progressivement jusqu'au cœur, pour débloquer des artères coronariennes obstruées. Mais souvent, dans les six mois qui suivent l'intervention, les artères se rebouchent. Ce phénomène, qu'on appelle resténose, est causé par la croissance des cellules lors de la cicatrisation. Pour minimiser la resténose, on fait appel depuis quelques années à de petits ressorts métalliques, les stents, qu'on place dans l'artère au moment de l'angioplastie et qui gardent normalement l'artère ouverte après l'intervention. En quelques années, les stents ont permis de diminuer le taux de resténose, qui demeure toutefois autour de 25 %.

Pour améliorer l'efficacité des stents, plusieurs chercheurs dans le monde ont eu l'idée d'utiliser des matériaux radioactifs, car on sait que la radioactivité freine la multiplication des cellules. En 1996, la première implantation d'un stent radioactif au Canada a été réalisée à l'hôpital Notre-Dame à Montréal, par le Dr G. Leclerc. Mais aucune technique testée à ce jour dans le monde ne s'est avérée suffisamment sécuritaire et peu coûteuse pour pouvoir être utilisée à grande échelle. Le stent radioactif pose encore des problèmes à deux niveaux. D'abord, il faut

sélectionner le radio-isotope le plus efficace pour détruire la sténose sans causer de dommages aux tissus périphériques, puis il faut trouver une manière efficace de fixer ce radio-isotope au ressort qui devra transiter dans les artères avant d'être placé au point de sténose.

Cette année, une équipe composée de Andranik Sarkissian, Royston Paynter et Bernard Terreault, dirigée par le professeur Barry Stansfield de l'INRS-Énergie et Matériaux, s'est associée à la compagnie montréalaise Angiogène, spécialisée en technologies de pointe pour la cardiologie, afin de développer de nouveaux stents à base d'isotopes radioactifs. Les chercheurs de l'INRS mettent ainsi à profit leur expertise mondialement reconnue dans la maîtrise des processus d'implantation ionique pour fixer directement au stent un radio-isotope, comme le phosphore 32, émettant un rayonnement bêta particulièrement approprié à la destruction des cellules risquant de provoquer la resténose. Pour réaliser l'implantation ionique du radio-isotope, il faut préalablement immerger le stent dans un plasma. Pour cela, les chercheurs de l'INRS utiliseront un nouveau type d'implanteur, le 4πII, inventé par Andranik Sarkissian et breveté aux États-Unis et au Canada, qu'ils tenteront d'optimiser pour le dépôt de phosphore radioactif. Ce projet, prévu pour une période de deux ans, bénéficie de l'aide financière du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG).

# Des lasers intenses pour la **physique fondamentale**

Réactions enregistrées à la surface d'une couche d'aluminium irradiée par une impulsion laser ultrabrève de haute intensité.

Les atomes et les molécules sont loin d'avoir révélé tous leurs secrets aux physiciens. On manque encore de techniques capables de mesurer des phénomènes se déroulant dans des intervalles de temps très courts, de l'ordre de la femtoseconde (un milliardième de millionième de seconde), et sur des distances très petites, d'environ un angström (soit un dix milliardième de mètre). De telles techniques permettraient entre autres d'observer en direct la création et le bris de liens chimiques entre deux substances. Depuis dix ans, le professeur Jean-Claude Kieffer de l'INRS-Énergie et Matériaux s'intéresse à la mise au point d'impulsions laser de haute intensité et de l'ordre de la femtoseconde qui pourraient permettre de combler cette lacune. Avec ces lasers hors du commun, on peut en effet créer des plasmas particuliers de haute densité et concevoir des équipements capables d'émettre des impulsions lumineuses de très courte durée. Grâce à ces technologies, on peut alors étudier des phénomènes physiques fondamentaux, par exemple suivre pas à pas l'évolution d'une réaction chimique, regarder la dynamique de molécules biologiques ou analyser des processus ultrarapides se déroulant dans des matériaux solides. Au cours des trois dernières années, le professeur Kieffer s'est penché sur le développement d'une source ultrarapide de rayons X dont la résolution est de l'ordre d'une femtoseconde, au cours d'un projet mené en collaboration avec la State University of New York. Jean-Claude Kieffer et son équipe travaillent actuellement sur une caméra à rayons X, sensible à des impulsions de moins d'une femtoseconde, utilisable pour étudier différents matériaux par diffraction ou absorption des rayons X. Ces travaux sont réalisés dans le cadre de l'Institut canadien pour les innovations en photonique (ICIP), en collaboration avec des chercheurs de l'Université McMaster en Ontario et de l'Université de Sherbrooke.

# Des piles à combustible, sources d'énergie pour les **moteurs de l'avenir**

**L'énorme pollution atmosphérique causée par la circulation automobile et la diminution progressive des réserves pétrolières poussent depuis longtemps scientifiques et ingénieurs à chercher un digne remplaçant aux actuels moteurs à combustion.**

L'idée d'une pile à combustible, utilisant une réaction électrochimique (comme une pile ordinaire) pour transformer un carburant tel que l'hydrogène en électricité, sans produire de gaz polluants, remonte à plusieurs décennies. Ce n'est qu'au cours des dernières années que les premières piles précommercialisables ont vu le jour, mais leur coût reste très élevé. Pour le moment, seules celles utilisant de l'acide phosphorique comme électrolyte ont été commercialisées et fournissent plusieurs mégawatts d'électricité. Mais pour équiper des véhicules, on songe surtout à utiliser des piles à membrane polymérique.

Depuis dix ans, l'équipe des professeurs Jean-Pol Dodelet et Daniel Guay s'intéresse à ce type de piles, en collaboration avec Hydro-Québec et HPower du Canada, un fabricant de piles à combustible. La collaboration avec d'autres entreprises est également envisageable. Le cœur des piles est constitué de membranes de polymère sur lesquelles sont pressées deux électrodes. Chacun de ces assemblages membrane-électrodes (MEA) est séparé de ses voisins par une plaque bipolaire, qui distribue des gaz aux électrodes et récolte le courant. Les chercheurs de l'INRS étudient particulièrement les catalyseurs nécessaires aux électrodes ainsi que les plaques bipolaires, qui représentent une part très importante du coût de revient des piles. Ils s'intéressent notamment à des matériaux pouvant remplacer le platine, trop coûteux, qui recouvre la cathode. Pour l'anode, les chercheurs tentent de produire des catalyseurs tolérant le monoxyde de carbone risquant d'empoisonner l'électrode. Ce gaz est produit lors de la fabrication d'hydrogène à partir d'autres combustibles. Pour abaisser le coût très élevé des plaques bipolaires, l'équipe de l'INRS tente aussi d'utiliser de l'acier inoxydable pour élaborer les plaques en le protégeant par une couche de carbone.

# La vie étrange des **communautés virtuelles**

Les jeux sur Internet sont aujourd'hui légion. Mais qui joue? Comment les joueurs communiquent-ils ensemble? Qui se charge de l'arbitrage? Comment les joueurs néophytes sont-ils pris en charge? Il faut bien reconnaître que pour l'instant, trouver la réponse à ces questions n'a rien d'évident. Les développeurs et administrateurs de jeux en ligne manquent encore d'outils pour gérer leurs activités et s'occuper convenablement du groupe virtuel que forment les adeptes de tel ou tel jeu.

Dans le cadre de la mise sur pied d'un nouvel axe de recherche strictement centré sur les problématiques associées à Internet, des chercheurs de l'INRS-Télécommunications développent actuellement différents outils informatiques ayant pour objectif de faciliter la naissance, la croissance et la gestion des grands groupes virtuels. De tels outils pourraient, par exemple, permettre de construire de manière automatique le profil des usagers d'un même site, de diminuer le coût de déploiement et de maintien d'applications Internet et d'assurer un meilleur impact à la publicité. Depuis quelques mois, l'équipe du professeur Jocelyn Desbiens s'intéresse de près à ces nouvelles communautés virtuelles, qu'on pourrait définir comme des regroupements socioculturels qui naissent lorsqu'un certain nombre de personnes participent à des discussions assez longtemps et avec assez de cœur pour qu'elles tissent peu à peu un réseau de relations sociales et humaines. Dans ces communautés formées par exemple d'usagers de jeux interactifs, de consommateurs de services interactifs, d'amateurs de « chat » ou de membres de groupes de discussion, on retrouve une nouvelle forme d'appartenance à un réseau, un échange à distance où l'identité de chacun est cachée derrière un masque. Néanmoins, les membres de la communauté forment un véritable « fait social », qui possède des manières d'agir, de penser et de sentir communes, obéissent aux mêmes contraintes et élaborent collectivement des normes sociales.

Dans un premier temps, Jocelyn Desbiens et son équipe ont étudié le cas particulier des regroupements de joueurs en ligne, qui peuvent parfois compter des millions de membres. Après avoir précisé la notion de communauté virtuelle d'un point de vue social, les chercheurs ont commencé à ébaucher des solutions

techniques susceptibles de donner naissance à de véritables outils de gestion. Ils se sont tout d'abord penchés sur la notion dite de « filtrage collaboratif », une technique qui pourrait permettre à des personnes intéressées par une même thématique de partager leurs connaissances des ressources disponibles sur le Web. Un algorithme de filtrage collaboratif consisterait d'abord à élaborer le profil d'un usager au fur et à mesure que celui-ci interagit avec son environnement, puis à créer un profil « idéal » à partir des membres de la communauté ayant un profil similaire. L'algorithme pourrait ensuite faire des recommandations à chaque individu, compte tenu de ce profil idéal. L'agrégation hiérarchique, quant à elle, permet de regrouper des usagers selon leur profil, qu'ils aient ou non déjà des contacts entre eux. Cette technique pourrait, par exemple, être utile pour établir une hiérarchie dans les liens entre pages Web.

Les travaux menés par les chercheurs de l'INRS font appel à des techniques complexes de *data mining* (extraction de connaissances à partir de données brutes), d'intelligence artificielle, de statistiques et d'analyse de forme, d'apprentissage automatique et de recherche opérationnelle. Ils sont susceptibles d'intéresser une multitude d'organismes impliqués dans le développement d'outils Internet, tels que des éditeurs de moteurs de recherche, des opérateurs de services, des sociétés de commerce électronique, des courtiers en publicité ou des éditeurs de jeux en ligne.

# Des images pour la **télémédecine**

Au cours des prochaines années, on pourra entre autres réaliser à distance le diagnostic de certaines maladies, en permettant à des spécialistes situés parfois à des milliers de kilomètres des patients d'analyser des radiographies ou d'autres images médicales. Mais des progrès sont encore nécessaires pour que la communication et le traitement des images soient réellement efficaces. Une équipe de chercheurs de l'INRS-Télécommunications dirigée par le professeur Robert deB. Jonhston participe au projet BIOnet (Biomedical Image-processing Over the Internet), subventionné par les Laboratoires Universitaires Bell (LUB), aux côtés de chercheurs de l'Université de Montréal. Ce projet vise, d'une part, à développer une infrastructure de communication des images et de stockage basée sur le réseau Internet, et d'autre part, à mettre au point de nouveaux logiciels de traitement d'images.

Pour que le système fonctionne correctement, il faut offrir aux médecins une interface d'utilisation à la fois simple et uniforme, idéalement multilingue, tout en garantissant la fiabilité et la sécurité du transfert d'images. Les chercheurs doivent donc élaborer un système qui permet d'harmoniser tous les formats d'images (GIF et JPEG, les plus courants sur Internet, mais aussi BMP, TIFF, DICOM...) tout en convenant à une grande variété d'ordinateurs et de systèmes d'exploitation, le tout à un coût raisonnable. Pour cela, Robert deB. Johnston et ses collègues ont conçu un serveur Web, c'est-à-dire un système informatique rattaché à Internet, agissant comme un nœud central de communication, de stockage et de traitement. À partir de ce serveur, baptisé BIOnet, un utilisateur peut envoyer ou récupérer des images et des annotations. Il peut aussi appliquer à distance des traitements numériques aux images. Le serveur doit de plus conserver ces informations pour des consultations futures. Les services de base sont accessibles, autant que possible, à partir d'un simple fureteur tel que Netscape ou Internet Explorer. Des démonstrations du serveur BIOnet peuvent être consultées à l'adresse :

http://bibliot.inrs-telecom.uquebec.ca:8080/BIOnet/

# L'expertise mise à profit

## Les cellulaires sont-ils dangereux ?

Depuis quelques années, les téléphones cellulaires se multiplient à la vitesse de l'éclair à travers le monde. Mais ces appareils si anodins sont-ils dangereux pour la santé, comme on le prétend parfois ? Au cours des dernières années, les médias ont rapporté des rumeurs voulant que les cellulaires puissent provoquer des cancers du cerveau chez certains utilisateurs. Mais force est de constater qu'on connaît encore bien peu de choses des effets sur l'organisme des radiofréquences émises par ces téléphones. Pour combler cette lacune, le Centre international de recherche sur le cancer, un organisme qui relève de l'Organisation mondiale de la santé, a lancé une étude baptisée INTERPHONE visant à déterminer si l'utilisation des cellulaires et l'exposition aux radiofréquences qui en découle peuvent réellement accroître le risque de cancer. Un même protocole de recherche sera mis en œuvre dans 13 pays. Au Canada, où l'on retrouvait déjà en 1999 près de 6 millions d'utilisateurs de cellulaires, des enquêtes seront menées dans les régions de Vancouver, Ottawa et Montréal. L'équipe des professeurs Jack Siemiatycki et Marie-Élise Parent de l'INRS-Institut Armand-Frappier – Santé humaine, reconnue pour sa vaste expertise dans la conduite d'études épidémiologiques, a été choisie pour prendre en charge le volet montréalais de cette étude.

Pour l'ensemble du programme INTERPHONE, des séries d'études cas-témoins seront conduites au cours des trois prochaines années auprès de personnes atteintes des types de cancers les plus susceptibles d'être éventuellement reliés à l'utilisation d'un téléphone cellulaire, soit la leucémie, les cancers du nerf acoustique, des glandes salivaires et du cerveau. La population étudiée inclura toutes les personnes âgées de 30 à 59 ans (celles qui sont les plus susceptibles d'avoir utilisé des cellulaires dans les 5 à 10 dernières années) diagnostiquées pour ces maladies dans les villes ciblées. À Montréal, l'équipe de l'INRS collaborera ainsi avec les 18 hôpitaux de la région auxquels ces personnes ont pu être référées. Chacune d'elles devra répondre à un questionnaire détaillé administré par les chercheurs lors d'entrevues. À partir des informations sur les habitudes d'utilisation de cellulaires et les caractéristiques des réseaux, les chercheurs pourront ainsi, en compilant les informations recueillies mondialement, tenter de dégager d'éventuels liens entre les téléphones cellulaires et l'incidence de divers cancers.

## Des films en 3D pour Imax

Lorsque défilent devant nous les images en trois dimensions du film *Siegfried et Roy* diffusé dans les cinémas IMAX, on ne peut s'empêcher de frémir face aux crocs des célèbres tigres blancs des deux magiciens. Mais de tels films qui donnent l'impression du relief ne sont pas encore très courants, car ils restent coûteux à produire. Le plus simple, pour une compagnie comme IMAX, consisterait à convertir directement des images 2D déjà tournées en images tridimensionnelles. Pour bâtir un tel système de conversion automatique ou semi-automatique, IMAX a fait appel à l'expertise de l'équipe du professeur Janusz Konrad de l'INRS-Télécommunications, qui collabore depuis plusieurs années avec cette compagnie. Lors d'un premier travail, Abdol-Reza Mansouri et Janusz Konrad ont présenté à IMAX une solution complète de conversion semi-automatique d'images monoscopiques (2D) en images stéréoscopiques (3D). Cette étude a fortement influencé IMAX, qui s'en est ensuite directement inspiré pour développer son propre système de conversion. Mais les deux chercheurs de l'INRS-Télécommunications sont déjà passés à l'étape suivante. Ils développent actuellement un système qui permettra de convertir directement des films 2D en films en relief, et non plus simplement des images, ce qui pourrait accélérer et simplifier considérablement la tâche.

# L'expertise mise à profit

## Le plasma à la mode Plasmionique

Mettre à profit l'expertise développée à l'INRS-Énergie et Matériaux dans les technologies basées sur les plasmas et les faisceaux d'ions pour résoudre les problèmes de compagnies de haute technologie, voilà la mission de Plasmionique, une toute jeune entreprise fondée en 1999 par Andranik Sarkissian, spécialiste de la physique des plasmas, qui a oeuvré à l'INRS-Énergie et Matériaux de juin 1994 à mai 1999. Les techniques de pointe servent à déposer des couches minces sur des surfaces ou à modifier celles-ci sur une grande variété de substrats, à développer des matériaux innovants ou de nouvelles sources d'énergie. Plasmionique est déjà impliquée dans plusieurs projets de recherche avec des partenaires publics et privés, notamment avec l'INRS, Hydro-Québec et ENEA (Associazione Euratom-ENEA sulla Fusione, Italie), dans des domaines tels que la mise au point de couches minces pour les piles à combustibles, la production de nanotubes de carbone et la fusion nucléaire. Ses chercheurs possèdent une longue expérience dans le design et le développement de sources de plasma à haute ou à basse pression, d'injecteurs de particules énergétiques ou d'équipements destinés au diagnostic de plasmas à haute ou à basse température. La compagnie Plasmionique propose aussi des services de consultation, pour l'évaluation indépendante de procédés au plasma ou sous vide déjà existants, ou lors de choix d'équipements, de méthodes de traitement ou de caractérisation de surfaces.

## Gare aux glissements de terrain!

Chaque année, les glissements de terrain coûtent en moyenne 125 millions de dollars au Canada. Dans l'Est du pays, les basses terres argileuses du Saint-Laurent et du Saguenay Lac Saint-Jean sont parmi les régions les plus sujettes à ces phénomènes naturels parfois dévastateurs. Afin de limiter les dégâts, l'INRS-Géoressources a développé depuis quatre ans une vaste expertise en évaluation des risques de glissements de terrain. Didier Perret et son équipe tentent d'une part de mieux comprendre les mécanismes à l'origine de ces phénomènes et proposent d'autre part de nouvelles approches de cartographie du risque.

Un des principaux projets en cours consiste à préciser le rôle des pluies et de l'érosion des berges sur la stabilité des versants naturels et à anticiper les impacts qui pourraient être associés à une modification du climat. Ce projet, en partie financé par la Fédération canadienne des municipalités et le ministère des Ressources naturelles du Canada, s'inscrit dans le cadre de la programmation du Fonds d'action sur les changements climatiques. Pour améliorer le zonage du risque, l'INRS-Géoressources a aussi lancé une étude ayant pour but de fournir aux gestionnaires du territoire des outils d'identification quantitative des zones sujettes aux glissements de terrain. Ces travaux s'intègrent aux activités du réseau GEOIDE des Centres d'excellence du Canada.

## L'avenir est aux jeunes!

En février 2000, le gouvernement du Québec organisait le Sommet du Québec et de la jeunesse, dans le but de favoriser le développement d'un Québec ouvert sur le monde, équitable, et qui intègre mieux les jeunes. Dans le cadre de cet événement, les chercheurs de l'Observatoire Jeunes et Société, mis sur pied en août 1998 à l'INRS-Culture et Société, ont contribué à apporter une information scientifique et objective sur ce que vivent les jeunes Québécois d'aujourd'hui. Madeleine Gauthier et son équipe, qui suivent de près les jeunes depuis environ 20 ans, ont ainsi présenté une dizaine de textes de synthèse au sommet, portant sur des sujets tels que les nouvelles formes de participation des jeunes à la société ou les défis

auxquels sont confrontées les mères adolescentes. Cet éclairage s'avère d'autant plus utile que, comme le signalent les chercheurs dans l'introduction du recueil de textes présentés, « les jeunes sont à la fois héritiers des institutions, d'une histoire, d'un ancrage dans un milieu, et en même temps, ils sont à la proue du changement par leurs stratégies pour contourner et tirer profit des obstacles et par les manières de vivre qu'ils inventent et qui sont remplies de surprises. »

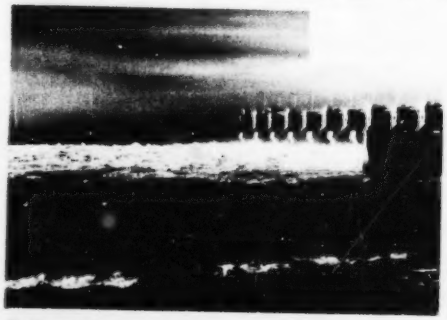
## Sur la piste du mercure

Le mercure est l'un des métaux les plus toxiques que l'on retrouve dans la nature. Dans certaines zones contaminées, par exemple dans des régions minières de l'Amazonie, les concentrations en méthylmercure, forme de mercure assimilable par l'organisme humain, atteignent des niveaux très élevés et causent de graves problèmes de santé. À d'autres endroits, on soupçonne que le mercure provient de sources lointaines et qu'il a pu être transporté par l'atmosphère. Le mercure est aussi naturellement présent dans l'environnement. Mais on connaît mal les paramètres qui contrôlent sa circulation des lacs et cours d'eau jusque dans l'atmosphère. C'est pour étudier cette question que Marc Amyot, professeur à l'INRS-Eau, a reçu en 1999 une subvention STAR (Science to Achieve Results) de la puissante Agence américaine de protection de l'environnement (EPA), pour une période de trois ans, conjointement avec le professeur François Morel de l'Université Princeton. Le chercheur et son équipe analyseront les mécanismes d'oxydo-réduction biologique ou chimique qui transforment le mercure sous forme élémentaire volatile Hg(0), en mercure Hg(II) et soluble dans l'eau, dans divers milieux naturels puis lors de délicates expériences en laboratoire. L'équipe de l'INRS se penchera notamment sur l'effet du rayonnement solaire, des bactéries et des algues microscopiques sur la réduction du mercure.

## Des balises pour la politique scientifique

Au cours de l'année passée, le professeur Benoît Godin et l'équipe de l'Observatoire des sciences et technologies de l'INRS-Urbanisation ont été sollicités à plusieurs reprises par le ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie du Québec (MRST) pour lui fournir un support dans l'élaboration de sa nouvelle politique scientifique. Le MRST, qui doit notamment évaluer les interventions gouvernementales en matière de recherche, de science, de technologie et d'innovation, a confié aux chercheurs de l'INRS le mandat de développer un cadre d'évaluation adapté à cette analyse. Le MRST a également demandé à Benoît Godin et à son équipe de lui fournir des données actualisées sur les forces et faiblesses du Québec en science et technologie et d'analyser le phénomène de l'exode des cerveaux. Faisant fi des idées reçues, les chercheurs de l'INRS ont montré que ce prétendu exode tient plus du mythe que de la réalité, et qu'il est aussi faux de croire que ce sont les meilleurs scientifiques qui quittent le Québec. Enfin, récemment, les chercheurs ont produit deux rapports sur la culture scientifique et technique, à la demande du comité ministériel chargé d'analyser ce volet dans le cadre de la mise en place de la nouvelle politique scientifique.

# Du côté de l'international



## Un barrage mieux géré sur le Paranà

Le fleuve Paranà, qui sert de frontière entre l'Argentine et le Paraguay, a été profondément transformé dans les années 80 par la construction d'un immense complexe hydroélectrique formé d'un système de barrages de béton et de terre de 67 km de long. Une fois complété, le complexe Yacyretá produira 3 200 mégawatts d'électricité. La mise en eau n'est pas terminée, car le niveau de remplissage du réservoir envisagé nécessiterait de déplacer plusieurs milliers de riverains, et les travaux d'infrastructure hydraulique et urbaine ne sont pas complétés.

Lors de la mission gouvernementale québécoise en Argentine et au Chili qui s'est déroulée en mai dernier, la société Entidad Binacional de Yacyretá (EBY) qui gère le projet a confié à une équipe de l'INRS-Eau, pilotée par les professeurs Michel Leclerc (écohydraulique) et Yves Secretan (hydro-informatique), le mandat de développer un modèle hydrodynamique en deux dimensions du fleuve Paraná dans un tronçon de 300 km en amont et en aval du barrage Yacyretá. Ce projet vise à guider la compagnie vers une gestion écohydraulique intégrée du complexe, qui permettrait d'optimiser le débit et le niveau de l'eau tout en minimisant les impacts environnementaux.

Dans un premier temps, les chercheurs de l'INRS collaborent à la mise au point d'un modèle qui servira à simuler le niveau et la profondeur de l'eau ainsi que la distribution des courants dans différentes conditions d'exploitation. Ce modèle permettra ensuite d'optimiser le transport, la dispersion et la dégazification de l'azote atmosphérique sursaturant la masse d'eau, un curieux phénomène qui cause pour l'instant la mort d'énormes quantités de poissons. D'autres problématiques environnementales pourront aussi bénéficier d'une connaissance hydrodynamique accrue du fleuve.

Le transfert technologique entre l'INRS-Eau et EBY contribuera aussi à former des spécialistes argentins. L'équipe de l'INRS-Eau compte de nombreuses réalisations en hydro-informatique, en écohydraulique et en simulation hydrodynamique, entre autres, sur le fleuve Saint-Laurent et sur les rivières du Saguenay suite aux crues de l'été 1996.

## Sauvegarder les plages de Jerba

Les plages de l'île de Jerba, en Tunisie, attirent depuis longtemps des milliers de vacanciers européens. En moyenne dans l'année, les 26 000 chambres d'hôtels sont aux trois quarts occupées. Le tourisme, qui représente une des principales sources de devises de la Tunisie, est en plein boom. Malheureusement, le littoral méditerranéen a subi une érosion intense au cours des dernières années, qui se traduit déjà localement par des pertes de revenus très importantes. À Jerba, par exemple, le taux d'occupation d'un seul hôtel est passé de 650 000 nuitées à 400 000 nuitées/an après la dégradation de sa plage. L'érosion est due, entre autres, aux prélèvements de sable et de roches pour la construction de nouveaux bâtiments, à l'installation d'ouvrages tels que des ports ou des digues, et aux variations climatiques qui provoquent une remontée marine résultant de l'effet de serre.

Pour lutter contre ce phénomène, l'Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral de Tunisie et l'Agence canadienne de développement international ont fait appel à des chercheurs de l'INRS-Géoressources. Mené en collaboration avec des scientifiques de l'Université du Québec à Rimouski, le projet vise à la fois à protéger le littoral et à reconstruire, à partir du matériel sableux *in situ*, une plage à très haut potentiel touristique. L'équipe du professeur Bernard Long préconise une approche basée sur des mesures de terrain, la modélisation et le suivi pour rebâtir la côte de manière à rétablir le profil d'équilibre naturel du littoral. Le nouveau profil de plage dissipera l'énergie des vagues, ce qui limitera l'action érosive de la mer, sans qu'il soit nécessaire de construire à grands frais des équipements lourds tels que des digues sous-marines ou des épis côtiers.

## Il faut sauver le lac Ahémé

Au sud du Bénin, plusieurs plans d'eau occupent une place cruciale dans l'économie locale. La pêche dans le lac Ahémé fournit notamment à la population une part importante de son alimentation. Or, depuis une décennie, les pêcheurs constatent que les prises de poissons ne cessent de diminuer et que le lac est de moins en moins profond. Pour comprendre et tenter d'endiguer le phénomène, un mandat a été confié à la firme Roche International dans le but de réaliser une étude sur l'aménagement des plans d'eau du sud du Bénin. L'équipe du professeur Jean-Pierre Villeneuve de l'INRS-Eau a été chargée d'étudier les volets hydrologique et sédimentaire. Plusieurs campagnes de mesures ont été menées dans les principaux plans d'eau de la région, le complexe formé par le fleuve Couffo, le lac Ahémé, le chenal Aho et la lagune côtière d'une part, et l'ensemble du fleuve Mono–Bouche du Roi d'autre part. Les chercheurs ont posé un diagnostic précis sur l'état de comblement du lac Ahémé et ont dressé le bilan sédimentaire. L'étude a confirmé les dires des pêcheurs : le lac s'est

effectivement comblé de façon importante au cours des dernières années, plus particulièrement dans sa partie sud. Pourquoi ? L'équipe de Jean-Pierre Villeneuve a conclu que l'augmentation des dépôts au fond de l'eau est due au déboisement important autour du lac et à l'intensification des activités humaines. Les résultats de l'étude ont conduit les autorités à proposer le dragage du lac Ahémé. Les chercheurs ont alors examiné trois scénarios de dragage et évalué leurs impacts respectifs. Pour assurer un suivi à long terme, l'équipe du professeur Villeneuve a finalement participé à l'élaboration d'une étude visant à mettre en place un observatoire permanent pour le suivi hydro-sédimentologique du lac.

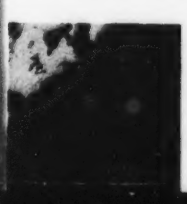
## Une experte internationale en irradiation

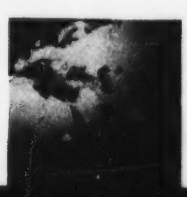
Depuis une dizaine d'années, Monique Lacroix, professeure à l'INRS-Institut Armand-Frappier – Microbiologie et Biotechnologie, a fait partie de plusieurs comités internationaux dans le domaine du traitement des aliments par irradiation. Elle vient d'être nommée comme représentante du Canada à l'International consultative group on food irradiation (ICGFI), un regroupement d'experts provenant des 47 pays membres de l'Organisation des Nations unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO), de l'Agence internationale de l'énergie atomique (IAEA) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Les experts, nommés pour une période de cinq ans, auront, entre autres, pour mandat d'évaluer les derniers développements de cette technique de traitement des aliments et de conseiller les gouvernements des pays membres. Plus de la moitié de ces pays sont en voie de développement et sont souvent confrontés à de graves problèmes de conservation des aliments. Sur les conseils de l'ICGFI, plusieurs d'entre eux ont récemment mis sur pied une réglementation permettant de tirer profit de l'irradiation. Au cours des années passées, Monique Lacroix a également fait partie du Comité de coordination de la recherche du *Program on development of safe, shelf-stable food and ready-to-eat through high dose of radiation processing,* mis sur pied par les mêmes organismes.

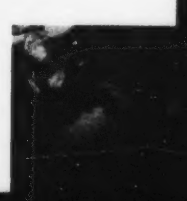
## Électrification durable en Afrique

Les pays du Nord consomment près des trois quarts des ressources mondiales d'énergie, pour seulement un cinquième de la population. Dans ce monde d'abondance, le gaspillage immodéré se traduit par de nombreux problèmes de pollution. Pendant ce temps, au Sud, l'environnement se détériore aussi, sous la pression de la croissance démographique et de la misère. Mais si les pays du Sud se développent sur le même modèle que les nations les plus riches, les ressources mondiales seront insuffisantes, car la croissance de ces pays entraînerait alors un doublement des besoins d'énergie. Comment, dans ces conditions, faire en sorte que les nations pauvres ne répètent pas nos erreurs, mais adoptent un mode de développement plus durable ?

C'est sur cette épineuse question que se penche une équipe de l'INRS-Énergie et Matériaux. Gaétan Lafrance et Salifou Seini Modi ont choisi d'analyser la production d'électricité, qui est à la fois le principal responsable de l'effet de serre et le premier vecteur de croissance et de démocratisation. Les chercheurs étudient le cas de l'Afrique de l'Ouest, encore en plein processus d'électrification. Ils ont constaté que pour établir leurs plans d'équipements électriques, les pays pauvres se basent encore sur trois facteurs principaux, comme l'ont fait avant eux les pays les plus riches : la disponibilité locale de l'énergie, le coût minimal et les politiques d'emplois. Ces plans d'équipement tiennent rarement compte des contraintes d'équilibre régional et ne se soucient souvent pas d'établir une stratégie commune de développement en fonction de l'offre et de la demande. Ils se préoccupent encore moins de questions environnementales. Ce projet implique l'Agence canadienne pour le développement international, Hydro-Québec International, Nigelec, le ministère du Plan du Niger et l'Union économique et monétaire de l'Ouest africain. Il est réalisé en collaboration avec Gilles Savard de l'École polytechnique et Amit Kanudia du Groupe d'études et de recherche en analyse des décisions (GERAD).







Quelles raisons motivent les étudiants à poursuivre leurs études de maîtrise ou de doctorat à l'Institut ? Comment la formation est-elle perçue par les diplômés ? Quelles habiletés estiment-ils avoir acquises ? Qu'advient-il des étudiants après leur passage à l'INRS ? L'enquête Relance 2000, réalisée par l'Observatoire des sciences et des technologies de l'INRS-Urbanisation, répond à ces questions et met en lumière le cheminement des personnes qui ont obtenu un diplôme de doctorat depuis 1996 et un diplôme de maîtrise depuis 1992.

**Quelques résultats**

Selon les diplômés, l'expertise, la réputation de ses professeurs et le soutien financier offert par l'Institut ont été des facteurs déterminants dans le choix de poursuivre leurs études de maîtrise et de doctorat à l'INRS. Nombre d'entre eux ont d'ailleurs connu l'INRS à la suite d'un stage réalisé à la fin de leurs études de baccalauréat.

Lors de leurs études, les diplômés ont établi des contacts enrichissants avec des chercheurs étrangers, dans une proportion de 46 % pour ceux à la maîtrise et de 86 % pour les diplômés du doctorat. La tenue de colloques et congrès au Québec et à l'étranger, les cours donnés par des professeurs étrangers invités, de même que la réalisation de stages à l'étranger et les collaborations dans des projets de recherche sont autant d'occasions qui ajoutent une dimension internationale aux programmes d'études de l'INRS, dimension très appréciée et jugée essentielle par les diplômés.

On observe un taux de diplomation de 88,5 % à la maîtrise et de 71,6 % au doctorat. De plus, le taux de placement des diplômés de l'INRS est un autre indicateur très révélateur. En effet, 66,7 % d'entre eux sont déjà en situation d'emploi à la fin de leurs études et un an plus tard, ce taux atteint 95,9 %. Dans 76,7 % des cas, il y a adéquation entre l'emploi occupé et le domaine d'études, ce qui confirme la pertinence de la formation offerte par l'Institut.

Le concours de promotion de la vie scientifique étudiante vise à soutenir annuellement des projets d'équipe reliés aux programmes d'études et ayant des retombées sur la communauté étudiante de l'INRS. Il veut également favoriser l'établissement de liens fructueux entre les étudiants des différents centres. Deux d'entre eux ont particulièrement retenu l'attention au cours de l'année.

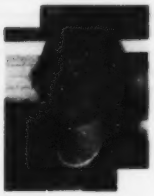
**Premier congrès interne à l'INRS-Institut Armand-Frappier**

Des étudiants de l'INRS-Institut Armand-Frappier ont organisé un congrès interne, conçu comme une fête de la science. Tenu les 5 et 6 novembre 1999 à Magog-Orford, ce congrès se voulait une tribune unique d'échanges et de discussions ainsi qu'une fenêtre ouverte sur la recherche en santé humaine, en microbiologie et en biotechnologie. En plus de prendre connaissance des recherches réalisées par les étudiants, les participants ont apprécié les propos des trois conférenciers invités. L'ingénieur Jean-René Michaud d'Environnement Canada a suscité un vif intérêt avec sa communication sur l'état de développement des différentes technologies d'assainissement de sites. Il a également été question de la maladie d'Alzheimer avec Rémi Quirion du Centre de recherche de l'hôpital Douglas et des organismes eucaryotes avec le biologiste Benoît Coulombe de l'Université de Sherbrooke. Ce projet, piloté par Anick Chalifour, avec la collaboration de Annie Boucher, Hélène Boucher, Nathalie Desloges, Martin Pelletier, Anik Savoie et Sophie Tessier, tous étudiants à l'INRS-Institut Armand-Frappier, a permis à des étudiants de vivre une expérience de gestion des plus stimulantes et d'enrichir ainsi leur formation de jeunes chercheurs.

**Colloque INRS 2000 – Carrefour des professionnels**

Le 4 février 2000, à Québec, s'est tenu le colloque INRS-2000 : CARREFOUR DES PROFESSIONNELS, une initiative étudiante qui a été fort prisée par tous les participants. Cette activité scientifique a rassemblé des professionnels de l'industrie et des étudiants autour de trois thèmes : la science au service de l'eau et de l'environnement, la santé environnementale humaine et la recherche urbaine et régionale. Cette rencontre intercentres était destinée aux étudiants de l'INRS-Géoressources, de l'INRS-Institut Armand-Frappier, de l'INRS-Urbanisation et de l'INRS-Eau. Des étudiants ont rencontré des professionnels issus de grandes entreprises comme SNC-Lavalin, BPR, Genivar, ainsi que de ministères ou d'institutions gouvernementales et universitaires. L'organisation de cette journée a été orchestrée par Youssef Filali Meknassi avec la collaboration de Simon Barnabé, Samiha Benhammane, Céline Gallon et Abderrahamane Yagouti, tous étudiants à l'INRS-Eau.

# Des carrières à suivre....



**Titulaire d'un doctorat en virologie et immulogie, Nathalie Arbour** s'intéresse à la sclérose en plaques. Ses recherches menées sous la direction du professeur Pierre Talbot, ont fait l'objet de publications majeures dans le *Journal of Virology,* ce qui témoigne de leur originalité et de leur importance. Elles ouvrent de nouvelles avenues de recherche sur l'infection du système nerveux par les coronavirus, connus pour causer le rhume. Mme Arbour effectue un stage postdoctoral au Scripps Research Institute en Californie, un des meilleurs laboratoires dans son domaine d'études. Elle cherche à comprendre l'implication du système immunitaire dans la sclérose en plaques.

**Christian Gauthier, biologiste de formation,** a établi un protocole de détection rapide de la sensibilité des bactéries aux antibiotiques dans des cas d'infections urinaires, dans le cadre de son projet de maîtrise en microbiologie appliquée réalisé sous la supervision du professeur Richard Villemur. De plus, il a déterminé sa faisabilité en vue d'une application éventuelle en milieu clinique pour évaluer les effets des antibiotiques sur des bactéries. M. Gauthier poursuit actuellement des études de doctorat en biologie moléculaire à l'Institut de recherches cliniques de Montréal.

**Chimiste de formation, Doris Le Drogoff** a développé un savoir-faire dans le développement des détecteurs. Dans le cadre de sa maîtrise en sciences de l'énergie et des matériaux, il a participé à la mise au point d'un nouveau détecteur électroanalytique de métaux lourds fiable, simple d'utilisation, transportable sur les lieux d'analyse et peu coûteux. Ce système de mesures de très haute performance a été réalisé avec le soutien du programme CRSNG université-industrie en collaboration avec Hydro-Québec. Boursier du FCAR et du CRSNG, il a entrepris, sous la direction du professeur Mohamed Chaker, des études de doctorat dans un tout nouveau domaine. Cette fois, il s'active à développer une technique analytique spectroscopique pour l'analyse élémentaire des matériaux.

Lors de ses études de doctorat en sciences de l'eau, **Danielle De Sève, géographe de formation,** a participé au projet CRYSYS (Crysopheric System to monitor global change in Canada) mis sur pied en 1995 par Environnement Canada dans le cadre du programme EOS (Earth Observation System) de la NASA. Ses recherches en télédétection, réalisées sous la direction de la professeure Monique Bernier, ont permis de mieux comprendre le comportement des microondes passives pour des milieux comme la taïga dans le Nord-Ouest du Québec. Ce milieu est caractérisé par un couvert nival plus épais et une végétation arbustive plus importante que la région des Prairies canadiennes. Elle a aussi proposé un algorithme pour la cartographie de la neige au sol pour ce type d'environnement et mis en évidence la limite des microondes passives pour cette application. Elle effectue présentement un stage postdoctoral au Service météorologique du Canada, à Toronto, où elle poursuit des recherches sur l'impact des variations climatiques sur le signal microonde de la neige et de la glace.

**Charles Privé, titulaire d'une maîtrise en virologie et immunologie,** a développé tous les outils nécessaires à sa recherche, en plus de mettre au point plusieurs protocoles qui sont maintenant utilisés au laboratoire du professeur Albert Descoteaux, son directeur de recherche. On lui doit également la création exclusive d'un mutant de *Leishmania donovani,* ce qui lui a permis de collaborer avec d'autres groupes de recherche. Il travaille présentement chez Procréa BioSciences Inc., une compagnie spécialisée en biologie de la reproduction. Ses compétences en biologie moléculaire sont mises à profit au sein d'une équipe qui cherche à développer un diagnostic pour l'endométriose.

**Biochimiste, Nathalie Meunier** a su combiner avec succès les impératifs liés aux études et à la famille. Forte d'une expérience d'assistante de recherche dans le domaine du développement des technologies environnementales, elle a complété une maîtrise en sciences de l'eau sous la direction du professeur Rajeshwar D. Tyagi. Elle a démontré la possibilité de produire des protéases alcalines, utilisées par exemple dans la fabrication de détergents, à partir des boues d'épuration municipales. Cela constitue un pas déterminant en vue d'une utilisation plus importante et plus économique de ces enzymes. Boursière du FCAR, Mme Meunier poursuit actuellement des études doctorales en sciences de l'eau orientées vers le développement de nouvelles technologies de décontamination des sols pollués par les métaux toxiques.

**Comme chimiste, Dany Brouillette** a exploré les différents aspects de la science et des technologies des batteries à haute densité d'énergie dans le cadre de ses études de doctorat en sciences de l'énergie et des matériaux, réalisées sous la supervision du professeur Jacques E. Desnoyers. En 1999, la Electrochemical Society a reconnue son expertise en lui remettant la bourse *Student Award of the Canadian Section of the Electrochemical Society.* Comme chercheure à Hydro-Québec, Mme Brouillette a participé à la recherche et au développement de piles au lithium (ACEP) pour des applications dans le domaine de l'automobile électrique et de la téléphonie. Depuis quelques mois, elle est analyste électrochimique chez Avestor.

**Benoît Hébert, titulaire d'un doctorat en virologie et immunologie,** a contribué à la mise au point d'une méthode de détection plus sensible pour identifier la présence de parvovirus dans les dérivés de plasma porcin destinés à des patients allergiques aux préparations de source humaine. Il a développé un nouveau système de culture cellulaire *in vitro* pour étudier les mécanismes moléculaires impliqués dans le parvovirus porcin qui cause des problèmes reproducteurs chez le porc. Les résultats de ses recherches, réalisées sous la direction du professeur Peter Tijssen, ont permis d'identifier les trois acides aminés responsables de ce type d'infection. Actuellement associé de recherche postdoctoral au sein du réputé laboratoire du professeur Michael G. Rossman de l'Université de Purdue, M. Hébert mène des recherches sur les interactions virus-récepteur qui pourraient conduire au développement de nouvelles classes de substances antivirales.

# Des événements

## Scientifique de l'année

Le 20 janvier 2000, le titre de Scientifique de l'année 1999 a été décerné à Christiane Ayotte, professeure-chercheure et directrice du Laboratoire de contrôle du dopage sportif de l'INRS, le seul laboratoire canadien accrédité par le Comité international olympique. Ce prix est attribué chaque année par l'équipe du magazine scientifique *Les années-lumière*, diffusé tous les dimanches à la Première Chaîne de Radio-Canada. Elle a été choisie parmi les personnalités qui se sont le plus illustrées au cours de l'année 1999 en contribuant singulièrement au progrès scientifique, participant ainsi au mieux-être de l'humanité. Pionnière de la nouvelle science du dopage, Christiane Ayotte est sollicitée à titre d'expert conseil par plusieurs organismes et corporations du milieu des sports à travers le monde, en plus de développer de nouvelles méthodes pour détecter et identifier les agents dopants. Le 23 janvier 2000, elle a également été choisie par le quotidien *La Presse* comme Personnalité de la semaine.

L'animateur de l'émission *Les années-lumière*, Yanick Villedieu, le directeur général de l'INRS, Pierre Lapointe, et le vice-président de la radio française de Radio-Canada, Sylvain Lafrance, en compagnie de la Scientifique de l'année 1999, Christiane Ayotte.

## Découverte emballante

Parmi les dix découvertes de l'année 1999 retenues par le magazine *Québec Science* figure la pellicule biodégradable mise au point par Monique Lacroix, professeure à l'INRS-Institut Armand-Frappier - Microbiologie et Biotechnologie. Faite à partir de lactosérum considéré comme un déchet, cette pellicule est comestible et permet d'augmenter la durée de conservation des aliments. Grâce à son imperméabilité, elle constitue une protection contre les bactéries et empêche l'oxydation des aliments. Des propriétés fort intéressantes pour l'industrie du prêt-à-manger et la restauration rapide, et plus largement pour l'industrie agroalimentaire. Déjà la compagnie Bio-Enveloppe Technologies s'active à commercialiser ce nouveau produit d'emballage et d'enrobage qui pourrait révolutionner l'industrie alimentaire et réduire la pollution environnementale provoquée par les produits d'emballage actuels.

## D'eau, de glace et de neige

### Regards scientifiques sur les régions froides

Du 20 au 22 mars 2000 s'est tenu l'*International Workshop on River Environments Considering Hydraulic and Hydrologic Phenomena in Snowy and Cold Regions* organisé par la Chaire en hydrologie statistique CRSNG/Hydro-Québec/Alcan de l'INRS-Eau et le Civil Engineering Research Institute du Japon. À cette occasion, des chercheurs japonais, italiens, américains et canadiens ont partagé leurs connaissances sur divers phénomènes hydrologiques et hydrauliques observés dans chacune de ces régions. Des chercheurs de l'INRS-Eau ont présenté également les résultats de leurs travaux d'analyse statistique ou numérique, de modélisation et de télédétection. Cet événement a été rendu possible grâce au soutien de la Science and Technology Agency of Japan, du Japan International Science and Technology Exchange Center et d'Hydro-Québec. Les actes de cet atelier sont publiés sous la direction de Yasuharu Watanabe du Civil Engineering Research Institute et de Taha Ouarda de l'INRS-Eau.

## Participer à l'évolution des sciences sociales

Une centaine de personnes ont participé au colloque *Participer à l'évolution des sciences sociales. Un défi pour les partenaires de la recherche*, organisé par l'INRS-Culture et Société – IQRC qui soulignait ainsi ses 20 ans. Cet événement s'est déroulé le 25 novembre 1999 au Musée du Québec. Afin de faire le point sur l'évolution rapide de la recherche en sciences sociales, le Centre a réuni des chercheurs, des responsables d'organismes de subventions et des représentants des milieux gouvernementaux qui ont débattu de la nature, de la portée et des implications de cette évolution pour l'avenir de la recherche et pour la société dans son ensemble. C'est autour de quatre tables rondes thématiques que les producteurs et les utilisateurs de la recherche ont ainsi discuté des paradigmes, du financement et des pratiques de recherche, de même que de l'organisation du travail et de ses conditions.

## Forums sur la citoyenneté

Le 10 novembre 1999, l'Observatoire Jeunes et Société et la Chaire Fernand-Dumont sur la culture de l'INRS-Culture et Société ont organisé, en collaboration avec le ministère des Relations avec les citoyens et de l'Immigration, des forums sur la citoyenneté à Montréal, à Québec et à Sherbrooke. Réunissant des universitaires et des praticiens de tous horizons, ces débats visaient à renouveler la réflexion sur la citoyenneté québécoise. Les intervenants ont discuté des questions touchant l'identité, l'appartenance et la participation, afin de définir cette citoyenneté et d'approfondir cette réflexion collective sur une dimension névralgique du vivre-ensemble.

# Des publications

### Les relations entre le Québec et l'Acadie, 1880-2000
*De la tradition à la modernité*

L'ouvrage collectif *Les relations entre le Québec et l'Acadie, 1880-2000. De la tradition à la modernité* présente pour la première fois une vue d'ensemble de l'évolution des relations entre ces deux sociétés. Préparé sous la direction des professeurs Fernand Harvey de l'INRS-Culture et Société et Gérard Beaulieu de l'Université de Moncton, ce volume est publié conjointement par les Éditions de l'Acadie et les Éditions de l'IQRC. Il met en évidence la richesse et la complexité de ces relations en transformation constante, par le biais d'études sur l'historiographie, le nationalisme, la politique, la coopération, les médias, l'éducation, la religion, la langue parlée, la littérature, les sports, les arts et la culture.

### À chacun sa quête
*Essais sur les nouveaux visages de la transcendance*

Comment interpréter le regain d'intérêt pour les réflexions sur la transcendance, la quête de sens, la morale et l'éthique dans nos sociétés contemporaines ? Des anthropologues, philosophes, politicologues, sociologues et théologiens se prononcent sur cette question à l'invitation de Yves Boisvert, professeur à l'INRS-Culture et Société, et de Lawrence Olivier, professeur à l'Université du Québec à Montréal. Publié aux Presses de l'Université du Québec, l'ouvrage *À chacun sa quête. Essais sur les nouveaux visages de la transcendance* livre leurs analyses et leurs réflexions sur la sexualité, la mort, la mode, l'art, les jeunes et la rue, les activités extrêmes, la religion et la pop psycho.

### Monde et réseaux de l'art
*Diffusion, migration et cosmopolitisme en art contemporain*

Basé sur l'étude de cas québécois issus du champ artistique québécois, l'ouvrage collectif *Monde et réseaux de l'art. Diffusion, migration et cosmopolitisme en art contemporain* illustre le contexte dans lequel l'art est pratiqué, diffusé, reconnu et consacré. Ce contexte est caractérisé par la mondialisation des échanges, le polycentrisme des lieux de l'art et les circuits internationaux de circulation des personnes et des idées. Publié aux Éditions Liber sous la direction du professeur Guy Bellavance de l'INRS-Culture et Société, cet ouvrage fait une large place aux témoignages d'artistes et contribue ainsi à la sociologie de l'art à l'heure de la mondialisation.

### Définir la jeunesse ?
*D'un bout à l'autre du monde*

La jeunesse, on en parle avec abondance sans bien savoir la définir. Les mots sont non seulement porteurs de sens, mais ils orientent l'action. Dans l'ouvrage *Définir la jeunesse ? D'un bout à l'autre du monde*, publié sous la direction de Madeleine Gauthier de l'INRS-Culture et Société et de Jean-François Guillaume, des chercheurs proposent une analyse critique des divers regards posés sur la jeunesse et des concepts qui servent à en parler. D'autres situent la place des cultures jeunes dans les changements sociaux de certains pays et cherchent à démêler les intentions derrière les discours. Ce livre est paru aux Éditions de l'IQRC/PUL, dans la collection *Culture et Société*.

### Les espaces dégradés
*Contraintes et conquêtes*

Le développement et l'aménagement régionaux et urbains passent désormais par la prise en compte des contraintes environnementales. Les quartiers anciens, les friches industrielles aux sols contaminés, les carrières abandonnées, les sites d'enfouissement doivent être perçus comme des réservoirs de projets de développement. Publié aux Presses de l'Université du Québec sous la direction des professeurs Gilles Sénécal de l'INRS-Urbanisation et Diane Saint-Laurent de l'UQAM, l'ouvrage *Les espaces dégradés. Contraintes et conquêtes* témoigne de cette nouvelle géographie « attentive aux qualités des lieux et aux prérogatives des acteurs ». Il propose un cadre d'analyse utile à la requalification des espaces à contraintes environnementales basé sur l'étude de plusieurs cas concrets.

### Montréal
*The Quest for a Metropolis*

Deux professeures de l'INRS-Urbanisation, Annick Germain et Damaris Rose, tracent le portrait de Montréal, une ville qui conjugue à la fois les qualités des villes européennes et américaines dans un ouvrage paru chez Wiley sous le titre *Montréal. The Quest for a Metropolis.* Les auteures examinent les tendances économiques et sociales et débattent de planification et de design urbains, de questions touchant la langue et la culture dans le contexte de l'héritage francophone de Montréal et de la diversité culturelle. Elles mettent ainsi en lumière certains paradoxes. Comment une ville qui semble allergique à la planification urbaine et qui reste divisée au plan linguistique et culturel peut-elle être considérée comme une des meilleures villes au monde ?

### The Social Sustainability of Cities
*Diversity and the Management of Change*

En ce début de siècle, l'urbanisation massive et l'augmentation de la diversité sociale sont deux tendances importantes et inéluctables. Comment les villes gèrent-elles la diversité culturelle et sociale pour en faire un levier de développement ? Paru à University of Toronto Press, l'ouvrage *The Social Sustainability of Cities. Diversity and the Management of Change* apporte un nouvel éclairage sur cette question. Ce volume présente des études de cas illustrant comment les villes canadiennes, américaines, européennes et africaines font face à ces nouvelles réalités et développent des stratégies en lien avec leur propre histoire. Cet ouvrage collectif est le fruit d'une recherche internationale menée dans le cadre du programme Management of Social Transformations de l'UNESCO et coordonnée par Richard Stern de l'Université de Toronto et Mario Polèse de l'INRS-Urbanisation.

### Histoire du Piémont-des-Appalaches

Premier volume d'une série de trois consacrée à l'histoire de la Montérégie, l'*Histoire du Piémont-des-Appalaches* retrace l'évolution d'un territoire marqué à la fois par la présence britannique et canadienne-française, soit celui des MRC d'Acton, de Brome-Missisquoi et de la Haute-Yamaska. Parue aux Éditions de l'IQRC/PUL dans la collection *Les régions du Québec*, cette histoire a été réalisée par Mario Gendron, Jean-Charles Fortin, Lorne Huston et Pierre Lambert. Elle donne la mesure d'une des régions les plus industrialisées au Québec, en s'imposant dans les domaines du textile, du vêtement, du tabac, du caoutchouc et de l'alimentation. L'*Histoire du Piémont-des-Appalaches* illustre sans conteste la façon dont se construit l'espace habité à travers le temps.

# Prix et distinctions

**1** **Docteur *honoris causa* de l'Université du Québec**
**André Caillé**
Président-directeur général d'Hydro-Québec

**2** **Docteur *honoris causa* de l'Université du Québec**
**Alain Bideau**
Directeur du Centre Jacques Cartier, Lyon

**3** **Prix Michel-Jurdant 2000**
**Michel Fournier**
Professeur
INRS-Institut Armand-Frappier – Santé humaine

**4** **Membre de la Société royale du Canada**
**Fernand Harvey**
Professeur
Titulaire de la Chaire Fernand-Dumont sur la culture
INRS-Culture et Société

**5 6 7** **Prix d'excellence en recherche de l'INRS**
**Bernard Bobée**
Professeur
Titulaire de la Chaire en hydrologie statistique
CRSNG/Hydro-Québec/Alcan, INRS-Eau

et deux membres de son équipe

**Taha Ouarda**
Professeur
INRS-Eau

**Peter Rasmussen**
Professeur
INRS-Eau

**8** **Prix d'excellence en recherche de l'INRS**
**Jack Siemiatycki**
Professeur
INRS-Institut Armand-Frappier – Santé humaine

**9** **Prix d'excellence en recherche de l'INRS**
**Lê H. Dao**
Professeur
INRS-Énergie et Matériaux

**10 11** **Prix d'excellence en recherche de l'INRS**
**L'équipe de Jean-Pol Dodelet et Daniel Guay**
Professeurs
INRS-Énergie et Matériaux

**12** **Récipiendaire de la bourse René-Fortier**
**Carl Poitras**
Étudiant à la maîtrise en télécommunications

**13** **Médaille d'or du Gouverneur général et Prix d'excellence du directeur général**
**Catherine Munger**
Diplômée du programme de doctorat en sciences de l'eau

**14** **Prix d'excellence du directeur général**
**Danielle Dennie**
Diplômée du programme de maîtrise en microbiologie appliquée

# Des chiffres

L'Institut a connu une année financière plus difficile enregistrant un déficit d'opération de l'ordre de 1,8 million de dollars en 1999-2000, comparativement à un déficit de 0,7 million de dollars l'année précédente.

Des dépenses exceptionnelles de 2,8 millions de dollars s'ajoutent au déficit d'opération courant. Les indemnités de départ pour la retraite, le programme de mobilité et la rétroactivité salariale en représentent la majeure partie. Toutefois, la contribution exceptionnelle du ministère de l'Éducation, de plus de 2,3 millions de dollars, pour assurer la santé financière des universités, a permis de ramener le déficit appréhendé de 4,6 millions de dollars en un déficit d'environ 2,3 millions de dollars.

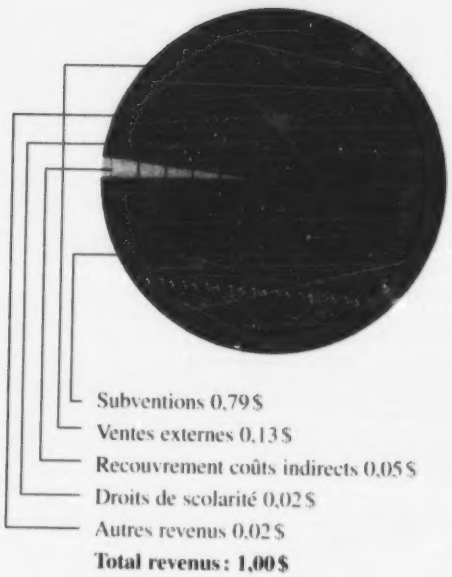
Par ailleurs, le projet de regroupement des installations de l'INRS dans la région de Québec s'est poursuivi en 1999-2000. De nombreuses démarches ont été réalisées afin de concrétiser le projet dans un horizon prochain.

# Répartition du dollar en 1999-2000

**Fonds de fonctionnement**
**Revenus**

Comme l'illustre la figure 1, la subvention de fonctionnement versée par l'Université du Québec correspond à près de 80 % des revenus du fonds de fonctionnement. Les ventes externes viennent en deuxième place avec 13 % des revenus. Les recouvrements des coûts indirects viennent en troisième place avec 5 % des revenus. Ces recouvrements proviennent principalement des contributions prélevées pour la réalisation des contrats de recherche et de commandites au fonds avec restriction.

Les frais de scolarité et les autres revenus représentent chacun 2 % des revenus totaux du fonds de fonctionnement. Pour ce qui est des autres revenus, ils sont composés majoritairement des remboursements de salaires pour le personnel de l'INRS prêté à d'autres organismes ainsi que d'autres dépenses effectuées pour leur compte.



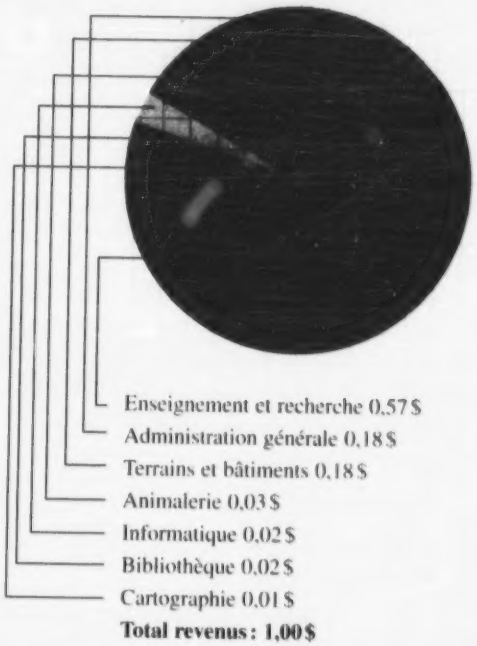

# Répartition du dollar en 1999-2000

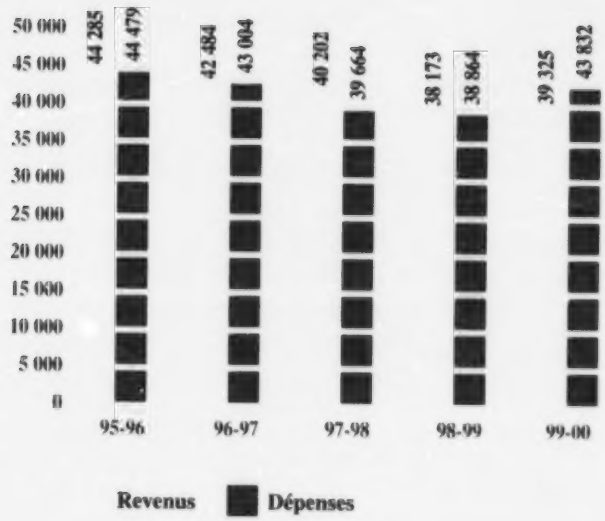
**Fonds de fonctionnement**
**Dépenses par fonction universitaire**

La figure 2 révèle que pour chaque dollar dépensé au fonds de fonctionnement, 0,57 $ sont consacrés aux activités de recherche et d'enseignement. La fonction Terrains et bâtiments vient ensuite avec 0,18 $. Le coût de l'entretien des bâtiments en propriété et le loyer d'espaces supplémentaires font partie de cette fonction.

Les frais reliés à l'administration composent également 0,18 $ de chaque dollar dépensé au fonds de fonctionnement. Fait à noter, l'administration générale gère aussi les opérations des fonds avec restriction, de dotation et d'investissement. Si nous ne prenons pas en compte le coût des opérations du fonds d'investissement, les frais de l'administration ne représentent plus que 0,11 $ du volume d'affaires total.

Les derniers 0,08 $ se répartissent entre les fonctions Animalerie, Informatique, Bibliothèque et Cartographie.

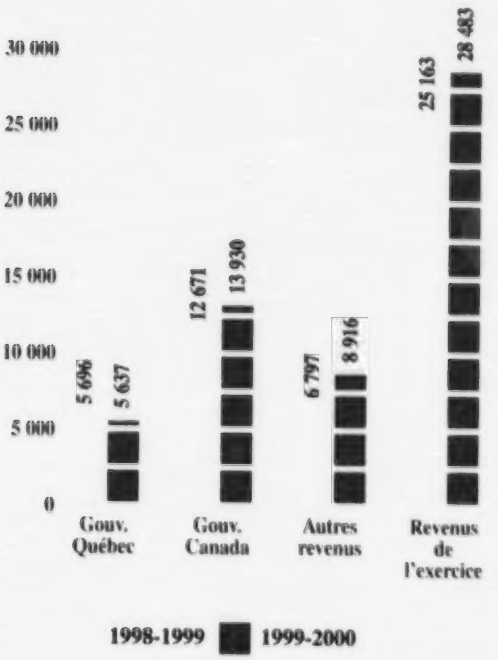





# Évolution des revenus et dépenses (000 $)

**Fonds de fonctionnement sans restriction**

En examinant la figure 3, on constate que l'INRS était parvenu, non sans difficulté, à réduire proportionnellement son niveau de dépenses au cours des dernières années. Ce qui n'est toutefois pas le cas cette année. Cette augmentation des dépenses s'explique notamment par une croissance des indemnités de départ et du coût du programme de mobilité, conjuguée aux coûts de la rétroactivité et des réajustements salariaux accordés conformément à la politique salariale du gouvernement du Québec.



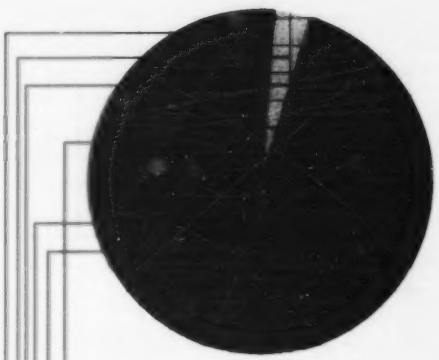

# Répartition des revenus de l'exercice selon les sources de financement en 1999-2000 (000 $)

**Fonds de fonctionnement avec restriction**

La figure 4 révèle que l'INRS connaît une légère augmentation du volume des octrois de recherche en provenance des gouvernements par rapport à l'année précédente. De plus, les octrois de recherche accordés par des organismes non gouvernementaux ont également connu une hausse appréciable.

# Origine des octrois de recherche à l'INRS en 1999-2000 (000 $)

À l'examen de ce graphique, il est intéressant de noter que près de 50 % des octrois de recherche (subventions et contrats) proviennent du Gouvernement du Canada et des trois principaux organismes de subventions fédéraux (OSF) que sont le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), le Conseil de recherches médicales (CRM) et le Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH). Il est important de noter également le soutien des entreprises privées au développement de la recherche à l'INRS.



OSF : 7 568 (26,4 %)
Québec : 7 079 (24,7 %)
Canada : 6 271 (21,9 %)
Entreprises : 5 343 (18,7 %)
International : 1 482 (5,2 %)
Divers : 895 (3,1 %)

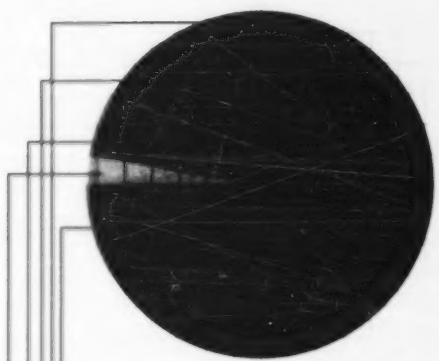
**Revenus totaux : 28 638**

# Immobilisations (000 $)

**Distribution de la valeur nette amortie au 31 mai 2000**

Tel qu'illustré à la figure 6, sur un actif immobilisé de plus de 73 millions de dollars, 70 % sont consacrés aux immeubles. Le solde de 30 % est investi dans les collections de volumes, le mobilier, les appareils d'expérimentation et l'outillage de même que les équipements informatiques.

Le financement de ces acquisitions est réalisé par deux importantes sources, soit la subvention spécifique du ministère de l'Éducation et les subventions ou contrats obtenus dans le cadre de la réalisation de projets de recherche financés par le fonds avec restriction.



Bâtiments 49 263
Terrains 3 120
Volumes 6 629
Mobilier, appareil et outillage 11 537
Équipements informatiques et logiciels 3 388

**Total des immobilisations : 73 937**

# Conseil d'administration

## PRÉSIDENT

**ARMAND COUTURE ***
**Président, La Société Bédelmar ltée**

## MEMBRES

**PIERRE BÉLANGER**
**Directeur général, Laval Technopole**

**BERNARD BOBÉE**
**Professeur, INRS-Eau**

NICOLE BOULET
Secrétariat du Conseil du trésor
Bureau d'audiences publiques sur l'environnement

RÉMY BRODEUR
Directeur général, Soutien stratégique, Bell Canada

PIERRE COULOMBE
Président et Chef de la direction,
Infectio Diagnostic (IDI) inc.

LOUISE FILION
Vice-rectrice à la recherche, Université Laval

MADELEINE GAUTHIER
Professeure, INRS-Culture et Société

PAVEL HAMET
Directeur de la recherche
Centre hospitalier de l'Université de Montréal

GERMAIN HARBEC *
Chef Technologies émergentes
Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ)

PIERRE LAPOINTE *
Directeur général, INRS

CHRISTINE MARTEL
Directrice générale, Institut du tourisme
et d'hôtellerie du Québec

CLAUDE PICHETTE
Huis clos limitée, Conseillers en conflits et litiges

JACK SIEMIATYCKI
Professeur, INRS-Institut Armand-Frappier - Santé humaine

DOMINIC THERRIEN
Étudiant, INRS-Institut Armand-Frappier - Microbiologie et Biotechnologie

HÉLÈNE P. TREMBLAY
Directrice scientifique, INRS

JEAN-PIERRE VIILLENEUVE *
Directeur, INRS-Eau

## SECRÉTAIRE

PAULINE ROY-CADIEUX
Secrétaire générale, INRS

* Membres du comité exécutif

# Commission de la recherche

## PRÉSIDENT

**PIERRE LAPOINTE**
**Directeur général, INRS**

## MEMBRES

**AÏCHA ACHAB**
**Directrice, INRS-Géoressources**

**SOFIÈNE AFFES**
**Professeur, INRS-Télécommunications**

CATALINA ALFARO DE LA TORRE
Étudiante, INRS-Eau

MAMADOU CELLOU BARRY
Étudiant, INRS-Urbanisation

LÉON BERNIER
Professeur, INRS-Culture et Société

MONIQUE BERNIER
Professeure, INRS-Eau

RUDOLPH BERTRAND
Professionnel de recherche, INRS-Géoressources

JEAN-GUY BISAILLON
Directeur, INRS-Institut Armand-Frappier –
Microbiologie et Biotechnologie

CLAUDE BOUCHER
Professeur, INRS-Énergie et Matériaux

HÉLÈNE BOUCHER
Étudiante, INRS-Institut Armand-Frappier –
Microbiologie et Biotechnologie

ISABELLE CARON
Étudiante, INRS-Institut Armand-Frappier –
Santé humaine

MOHAMED CHAKER
Directeur, INRS-Énergie et Matériaux

ALAIN DESPAROIS
Étudiant, INRS-Énergie et Matériaux

GÉRARD DIVAY
Directeur, INRS-Urbanisation

ALAIN FOURNIER
Professeur, INRS-Institut Armand-Frappier –
Santé humaine

RENÉ-PAUL FOURNIER
Directeur, Service des études avancées
et de la recherche, INRS
Directeur scientifique associé par intérim,
INRS-Institut Armand-Frappier

FARID GHANEM
Étudiant, INRS-Télécommunications

ANDRÉ GIRARD
Directeur, INRS-Télécommunications

ÉRIC HOFFMANN
Étudiant, INRS-Géoressources

JEAN-FRANÇOIS LALIBERTÉ
Professeur, INRS-Institut Armand-Frappier –
Microbiologie et Biotechnologie

BENOIT LATREILLE
Professionnel de recherche, INRS-Énergie et Matériaux

FRÉDÉRIC LESEMANN
Directeur, INRS-Culture et Société

MARC RICHER-LAFLÈCHE
Professeur, INRS-Géoressources

RICHARD SHEARMUR
Professeur, INRS-Urbanisation

PIERRE TALBOT
Directeur, INRS-Institut Armand-Frappier –
Santé humaine

HÉLÈNE P. TREMBLAY
Directrice scientifique, INRS

JEAN-PIERRE VILLENEUVE
Directeur, INRS-Eau

## SECRÉTAIRE

PAULINE ROY-CADIEUX
Secrétaire générale, INRS

# Commission scientifique

## PRÉSIDENT

**PIERRE LAPOINTE**
**Directeur général, INRS**

## MEMBRES

**EDWIN BOURGET**
**Directeur du Département de biologie, Université Laval**

**SERGE CARREAU**
**Vice-président, Daniel Arbour et Associés**

PIERRE M. HUBERT
Consultant

GILLES JULIEN
Consultant

MICHEL JULIEN
Consultant

MICHEL P. LAMONTAGNE
Directeur, Conservation de l'environnement
Environnement Canada

JACQUES G. MARTEL
Directeur général, Énergie Capital Innovation

CAROLINE PESTIEAU
Vice-présidente des Programmes
Centre de recherche pour le développement
international (CRDI)

DENIS A. SAINT-ONGE
Conseiller scientifique, Commission géologique du Canada
Ministère des Ressources naturelles du Canada

GILLES SHOONER
Président, Groupe Environnement Shooner inc.

ROBERT TANGUAY
Adjoint au vice-recteur à la recherche, Université Laval

## SECRÉTAIRE

PAULINE ROY-CADIEUX
Secrétaire générale, INRS

# Renseignements généraux

## DIRECTION DE L'INRS

PIERRE LAPOINTE
Directeur général

SINH LEQUOC
Directeur scientifique

RENÉ-PAUL FOURNIER
Directeur des études avancées et de la recherche
Directeur scientifique associé par intérim

NORMAND DUSSAULT
Directeur des affaires juridiques et du développement des affaires

JEAN LAVOIE
Directeur de l'administration et des finances
Directeur des ressources humaines par intérim

PAULINE ROY-CADIEUX
Secrétaire générale

## Centres de recherche

### INRS-EAU

**Jean-Pierre Villeneuve,** directeur
2800, rue Einstein, bureau 020
Case postale 7500
Sainte-Foy (Québec) GIV 4C7
Téléphone : (418) 654-2524
Télécopieur : (418) 654-2600
jpv@inrs-eau.uquebec.ca
www.inrs-eau.uquebec.ca

### INRS-ÉNERGIE ET MATÉRIAUX

**Mohamed Chaker,** directeur
1650, boulevard Lionel-Boulet
Case postale 1020
Varennes (Québec) J3X 1S2
Téléphone : (450) 929-8100
Télécopieur : (450) 929-8102 ou 8198
chaker@inrs-ener.uquebec.ca
www.inrs-ener.uquebec.ca

### INRS-GÉORESSOURCES ET CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE QUÉBEC

**Aïcha Achab,** directrice
880, chemin Sainte-Foy, bureau 840
Québec (Québec)
G1S 2L2
Téléphone : (418) 654-2604
Télécopieur : (418) 654-2615
aachab@nrcan.gc.ca
www.inrs.uquebec.ca/cgq

### INRS-INSTITUT ARMAND-FRAPPIER - Microbiologie et Biotechnologie

**Jean-Guy Bisaillon,** directeur
531, boulevard des Prairies
Laval (Québec) H7V 1B7
Téléphone : (450) 687-5010
Télécopieur : (450) 686-5501
jean-guy.bisaillon@inrs-iaf.uquebec.ca
www.inrs-iaf.uquebec.ca
et
245, boulevard Hymus
Pointe-Claire (Québec) H9R 1G6
Téléphone : (514) 630-8800
Télécopieur : ( 514) 630-8850

### INRS-INSTITUT ARMAND-FRAPPIER - Santé humaine

**Pierre Talbot,** directeur
531, boulevard des Prairies
Laval (Québec) H7V 1B7
Téléphone : (450) 687-5010
Télécopieur : (450) 686-5501
pierre.talbot@inrs-iaf.uquebec.ca
www.inrs-iaf.uquebec.ca
et
245, boulevard Hymus
Pointe-Claire (Québec) H9R 1G6
Téléphone : (514) 630-8800
Télécopieur : ( 514) 630-8850

### INRS-TÉLÉCOMMUNICATIONS

**André Girard,** directeur
Place Bonaventure
900, de La Gauchetière Ouest, niveau 6
Case postale 644
Montréal (Québec)
H5A 1C6
Téléphone : (514) 875-1266
Télécopieur : (514) 875-0344
directeur@inrs-telecom.uquebec.ca
www.inrs-telecom.uquebec.ca

### INRS-URBANISATION, CULTURE ET SOCIÉTÉ

**Gérard Divay,** directeur
3465, rue Durocher
Montréal (Québec) H2X 2C6
Téléphone : (514) 499-4000
Télécopieur : (514) 499-4065
direction@inrs-urb.uquebec.ca
www.inrs-urb.uquebec.ca
et
2050, boul. René-Lévesque Ouest, 3e étage
Sainte-Foy (Québec) G1V 2K8
Téléphone : (418) 687-6400
Télécopieur : (418) 687-6425

**Le rapport annuel 1999-2000 est publié par le Service des communications**

**Coordination**
Lise Roy

**Rédaction**
Valérie Borde
Gisèle Bolduc

**Conception, réalisation, production**
RM communication design

**Photographies**
INRS
Bernard Chartier
Centre géoscientifique de Québec
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

**Impression**
Litho Acme-Prescom

**Institut national de la recherche scientifique**

**Tour de la Cité**
2600, boulevard Laurier, bureau 640
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7
Téléphone : (418) 654-2500
Télécopieur : (418) 654-2525
communications@inrs.uquebec.ca
www.inrs.uquebec.ca

Dépôt légal, 1er trimestre 2001
Bibliothèque nationale du Québec